Ostwald's Klassiker
der exakten Wissenschaften
Nr. 114

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
2 45 0412 1966

ALESSANDRO VOLTA

Thierische Elektricität

Q
111
O85
no. 114
1900
LANE
HIST

SEP 21 1956

3767

LANE

MEDICAL LIBRARY

Barkan Fund

HISTORY OF MEDICINE AND NATURAL SCIENCES

Digitized by Google

Briefe

über

THIERISCHE ELEKTRICITÄT

von

ALESSANDRO VOLTA.

(1792.)

Herausgegeben

von

A. J. von Oettingen.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1900.

A 111 H
085
no. 114
1900

[158]

Schreiben
des Herrn Alessandro Volta
an
Herrn D. Baronio,
Arzt am Hauptspitale zu Mayland.

Mayland, 3. April 1792.

Da Sie schlechterdings darauf bestehen, dass ich Ihnen vor meiner auf Morgen angesezten Abreise nach Como, eine Uebersicht der Versuche mittheile, welche mich in Ansehung der erstaunlichen Entdeckungen des Herrn *Galvani* seit kurzem beschäftigen, und die sie zum Theil selbst heute Abends beim Grafen *Anguisolla* gesehen haben: so empfangen Sie hiemit, was ich in aller Eile niederschreibe.[1])

Wirkung der künstlichen Elektrizität auf Muskelbewegungen mittelst der Nerven.

§ 1. Eine mässig starke Elektrizität ist im Stande den lebendigen unversehrten Frosch, besonders die Hinterschenkel zu erschüttern und [159] in konvulsivische Bewegungen zu versezen; wenn man die elektrische Materie vom Kopfe zu den Füssen, oder von diesen zu jenem fahren lässt. Die Ladung einer leidner Flasche, die das *Henly*'sche Quadrantenelektrometer auf vier bis fünf Grad hebt, ist hinlänglich.

§ 2. Hat man dem Thiere den Kopf abgeschnitten und eine Nadel oder ein metallnes Häkchen in das Rückenmark gesteckt, so bringt eine viel schwächere Ladung z. B. 1 bis 2 Grad die nemlichen Wirkungen hervor.

§ 3. Zerschneidet man den Frosch dergestalt, dass nichts als das Rückenmark und die mittelst der sorgfältig entblössten Cruralnerven an selbigem hängenden Hinterschenkel übrig bleiben, so erfolgen die obigen, ja wohl noch heftigere Wirkungen nach einer unvergleichbar schwächern Elektrizität; die das Quadrantenelektrometer gar nicht bewegt, und für welche nur die Elektrometer von *Cavallo*, *Bennet* und meiner Erfindung kaum noch empfindlich sind.

§ 4. Wird endlich der Stumpf des Rückmarks und ein Theil der Nerven mit einem dünnen Metallblättchen bekleidet, so ziehen sich die [**160**] Muskeln schon überaus heftig zusammen, wenn sie nur eine so schwache Elektrizität empfangen, die das *Bennet*'sche Elektroskop (welches aus Gold- oder Silberblattstreifchen besteht, und das empfindlichste Instrument dieser Art ist) nicht einmal bewegt. Sie werden durch die Ladung einer leidner Flasche erschüttert, die kaum ein zehntel Grad jenes Elektrometers betragen mag. Um einen so ausnehmend niedrigen Grad von Elektrizität bemerken und bestimmen zu können, muss man sich eines Condensators bedienen.

Folgesäzze.

§ 5. Die Versuche beweisen, wie empfindlich die Muskeln des Frosches (und auch anderer Thiere; denn sie gewähren dem Experimentator fast die nemlichen Erscheinungen) für den Reiz der Elektrizität sind; und wie wichtig der Einfluss der Nerven hiebei ist.[2])

§ 6. Gesteht man diesen Einfluss zu, — den wohl Niemand bezweifelt, — so ists leicht begreiflich, warum die elektrische Empfindlichkeit des Frosches nach den verschiedenen Präparazionen von § 2, 3, 4, immer höher steigt. Sie steigt nemlich in dem Maasse, wie die elektrische Materie immer mehr und genauer an die Nerven allein gebunden wird.

[**161**] § 7. Im lebendigen ganzen Frosche also verbreitet sie sich überall. Wie viel die Membranen, Gefässe, Säfte und andere leitende Theile des Körpers von ihr aufnehmen; um so viel gelangt auf dem Nervenwege weniger zu den Muskeln der Hinterschenkel; und es wird eine nicht unbeträchtliche Menge elektrischer Materie erfordert, um diese in Erschütterung zu sezen.

§ 8. Hat der Frosch keinen Kopf, und in Rückmark eine Nadel, so findet die elektrische Materie einen geraderen Weg zu den Hinterschenkeln, und zerstreut sich weniger: daher ist eine schwächere Elektrizität hinlänglich (§ 2).

§ 9. Hängen die Hinterschenkel nur mittelst der Nerven am Rückmark, so kann ihnen durch andere Leiter keine Elektrizität entzogen werden, und es braucht dieselbe nur sehr gering zu seyn, um dennoch die vorigen Bewegungen hervorzubringen (§ 3).

§ 10. Insowcit man endlich dem Rückenmarke und den

Nerven eine metallische Bekleidung giebt (§ 4), werden diese, die an sich immer nnr halb vollkommene Leiter sind, zn vollkommen leitenden Körpern, welche die elektrische [162] Materie ohne sie zn schwächen und aufzuhalten, durchlassen.

Eigenthümliche Elektrizität, die selbst in abgesezten Gliedern, so lange sie noch einige Lebenskraft besizen, zugegen ist.

§ 11. Diese eigenthümliche, angebohrne, nicht von aussen in den Körper übertragene Elektrizität der Thiere offenbart sich in dem nach § 3 und 4 präparirten Frosche, und anch in andern warm- und kaltblütigen Thieren, wenn man den Kunstgriff braucht, die Nerven durch Entblössnng gleichsam zu isoliren, und durch eine Metallbekleidnng zu waffnen; sie offenbart sich, sage ich, wie die künstliche, ohne dass doch diese, schwach oder stark, dabei nnr im geringsten ins Spiel kömmt, durch gleiche krampfhafte Muskelbewegungen; wenn man mittelst vollkommen leitender Körper eine Verbindung zwischen den Muskeln nnd Nerven herstellt.

§ 12. Ein solcher Körper sei z. B. ein Messingdrath in Form eines *C* gebogen. Dieser Drath besizt nicht mehr nnd nicht weniger als sein natürliches Maass elektrischer Materie: er kann also auch einem andern Körper, z. B. [163] einem präparirten oder nicht präparirten Frosche der ebenfalls mit seinem natürlichen Maasse Elektrizität begabt ist, elektrische Materie weder geben noch nehmen. Man halte nun diesen Messingdrath mit einem Ende an den Muskel, mit dem andern an den Nerven; und man wird augenblicklich vorhin gedachte Konvulsionen entstehen sehen. Es liegt also am Tage, dass die elektrische Materie dieser Theile in einem gewissen Missverhältniss gestanden, nnd dass durch den als Entlader wirkenden Messingdrath ein Gleichgewicht hergestellt worden ist. Hierauf beschränkt sich seine ganze Wirkung: er kann die elektrische Materie nicht dahin ziehen, wo sie nicht von selbst hin strebt; ihr einen bequemen Weg darzubieten, das ist alles was er vermag.[3])

§ 13. Bei dem frisch präparirten Frosche, nnd so lange seine Theile noch volle Lebenskraft besizen, können auch halbleitende Körper z. B. Eis, eine oder mehrere Personen; ja selbst erklärte schlechte Leiter, als: etwas fenchte Holztafeln, Marmorplatten, Tapeten, ein Stück Mauer etc. einen

Theil des Entladers ausmachen. Nur eigentliche Nichtleiter wie Glas, Harz, Haare, u. d. g. hindern die Entladung, und machen, dass die Konvulsionen ausbleiben.

[164] § 14. Wie die Lebenskraft im Thiere oder im abgeschnittenen Gliede erlöscht, eben so fangen auch die schlechten Leiter, Stein nemlich, Mauer, Holz, Tuch etc. an, der elektrischen Materie, die sich von den Nerven in die Muskeln, oder von diesen in die Nerven begeben will, den Durchgang zu versagen, dass mithin keine Zusammenziehung der Muskeln mehr erfolgt: denn zu dieser wird ein augenblicklicher, ein heftiger Uebergang der elektrischen Materie erfordert.

§ 15. Nach und nach werden der elektrischen Materie auch die bessern Leiter immer mehr und mehr undurchgänglich, so dass keine Konvulsionen erfolgen, wenn zwei Personen sich die Hände geben; dann, wenn eine Person, und später, wenn Wasser einen Theil des Entladers ausmacht. Endlich gelingt der Versuch gar nicht mehr anders, als mit einem Entlader von lautern Metall und mit einer genau anpassenden, ziemlich langen metallenen Bekleidung, die man dem Muskel, besonders aber dem Nerven giebt.

Allgemeine Folgesäzze, die sich aus den obigen Versuche über die eigenthümliche [165] thierische Elektrizität ergeben.

§ 16. Der präparirte Frosch § 3, 4 verhält sich in gewisser Rücksicht, wie eine leidner Flasche.

§ 17. Seine Ladung aber, wenn man sich so ausdrücken will, ist so schwach, dass sie das empfindlichste Flaschenelektrometer nicht bewegt, und nach meinem Instrument von Strohpenduln noch nicht auf $\frac{1}{100}$, vielleicht nicht auf $\frac{5}{100}$ bis $\frac{6}{100}$ eines Grades zu schäzen ist.

§ 18. Wie in der leidner Flasche die eine Belegung negativ, die andere positiv geladen wird, so sage ich, hat auch hier in den Nerven oder im Innern des Muskels wo sich selbige enden eine negative, an die Aussenfläche des Muskels eine positive Elektrizität ihren Siz.

§ 19. Mittelst eines Elektrometers, auch des Allerempfindlichsten, liess sich die Natur dieser so ausnehmend schwachen Elektrizität nicht darthun: ich musste also einen andern Weg einschlagen. Ich dachte nemlich, dass es nicht gleichgültig

seyn könnte, ob ich die äussere, oder ob ich die innere Belegung einer äusserst schwach [166] geladenen Flasche an den Muskel oder an den Nerven brächte: denn zwei Flaschen, die mit ihren gleichnahmigen elektrischen Flächen in Berührung kommen, entladen sich nicht; wohl aber werden beide entladen, wenn sich ihren entgegengesezten Elektrizitäten ein Vereinigspunkt darbietet. Nnn habe ich in einem vielmals wiederhohlten Versuche immer gesehen, dass $\frac{5}{100}$ bis $\frac{6}{100}$ Grad des Strohpendulmessers hinlänglich sind Convulsionen zu erregen, wenn die positiv elektrische Fläche der leidner Flasche den Nerven berührt, und dass im Gegentheil $\frac{20}{100}$ $\frac{25}{100}$ $\frac{30}{100}$ nicht hinlänglich sind, wenn dieselbige Fläche mit dem Muskel, die negative mit dem Nerven in Verbindung gesezt wird. Ich glaubte also hieraus schliessen zu dürfen, dass dem Nerven von Natur eine negative, dem Muskel eine positive Elektrizität zu Theil geworden sey.

§ 20. Es stehe indessen um die angebliche animalische leidner Flasche wie es wolle, so folgt doch aus meinen Versuchen ganz klar: dass ein fast undeutlicher schwacher Grad von Elektrizität zu Konvulsionen reizt, wenn man sie auf die Art anbringt, dass die elektrische Materie aus dem Aeussern des Muskels gezogen und zu den Nerven hingeleitet wird: dass aber, wenn man dem Laufe derselben die entgegengesezte [167] Richtung giebt, ein an sich zwar geringer, aber in Betracht des vorigen Falls, doch wenigstens viermal stärkerer Grad von Elektrizität erfordert wird, wenn sie so heftige Konvulsionen erregen soll.[4]) Auch ist sehr wahrscheinlich, dass die durch Anlegung eines schicklichen Leiters gleichsam entfesselte natürliche Elektrizität, die, wie leicht begreiflich, schwächer als jede merkbare künstliche ist, und dennoch als solche noch zu eben so heftigen Konvulsionen reizt; — es ist, sage ich sehr wahrscheinlich, dass auch diese natürliche Elektrizität in ihrem Laufe eben dieselbe Richtnng, nemlich vom Muskel zum Nerven beibehalte.

§ 21. Wenn nun die elektrische Materie, wie man nach allem diesem sehr geneigt zu glauben ist, im lebenden Thiere die Muskeln, besonders die willkührlichen zur Bewegnng reizt; so wird sie wohl da ebenfalls ihren Weg aus dem Muskel in die Nerven nehmen; wiewohl sie auch in entgegengesezter Richtung die nemlichen Wirkungen hervorbringen kann, wenn sie in einer grössern Menge verwendet wird.

[1]

Erste Abhandlung

über die

Thierische Elektrizität.

Pavia, 5. Mai 1792.

I. Von der Entdeckung des Hrn. Galvani, und ihrer Vergleichung mit den Begriffen, welche man bis itzt von der thierischen Elektrizität gehabt hat.[5])

§ 1. Die seit einigen Monaten erschienene Abhandlung, über die Wirkung der Elektrizität auf die Bewegung der Muskeln*) des Herrn D. *Galvani* Mitglieds des Instituts zu Bologna, und Professors an der Universität daselbst, (der sich schon durch andere anatomische [2] und physiologische Entdeckungen rühmlich bekannt gemacht hat,) enthält eine jener grossen und glänzenden Entdeckungen, welche in den Jahrbüchern der Physik und Medizin Epoche zu machen verdiente, nicht so wohl, weil sie neu und wunderbar ist, sondern weil sie ein weites Feld zu eben so merkwürdigen als besondern und äusserst anwendbaren Versuchen öffnet.

Das Dascyn einer wahren und eigenen thierischen Elektrizität, welche von sich selbst in den lebenden Organen ohne fremdes Zuthun entsteht, das ist, ohne mit einem andern Körper, in welchen sie, durch was immer für Kunstgriffe eher hervorgebracht worden ist, in Verbindung zu stehen, das Daseyn einer solchen Elektrizität, welche allen Thieren mit kalten und warmen Blute zukömmt; ihren Ursprung in der Organisation selbst hat; sich erhält und in den abgeschnittenen Gliedern, so lange noch einige Lebenskraft da ist, fortdauert; welche ihr Spiel und Bewegnng vorzüglich zwischen den Muskeln und Nerven ausübt, sie ist es, welches in dem dritten Theile des [3] Werkes des Hrn. *Galvani* bis zur Gewissheit durch viele wohlverglichene Versuche bewiesen und ausführlich beschrieben wird.

---

*) *Aloysi Galvani* Abhandlung, über die Kräfte der thierischen Elektrizität auf die Bewegung der Muskeln. 1793 in 8. mit 4 Kupfertafeln. *Ostwald*'s Klassiker, Bändchen 52.

§ 2. Ohne diese Versuche hier genan anzuführen, wird es genug seyn, nnr einen allgemeine Uebersicht nnd Begriff, so wohl von ihrer Art, als von ihren wnnderbaren Wirknngen zn geben. Sie bestehen darinn, dass man lebhafte nnd starke Zusammenziehnngen in den Muskeln und hüpfende Bewegungen in dem ganzen Gliede entstehen sieht, jenen ganz ähnlich, welche durch die künstliche Elektrizität erreget werden; ohne jedoch diese weder stark noch schwach dazu angewandt zu haben, sondern sie werden blos dnrch was immer für einen Bogenleiter erreget, dessen eines Ende an den Muskeln, das andere aber an dessen Nerven gesetzt wird. Der Nerve kann nun von dem Ueberreste des Körpers getrennt, nnd entblösst, oder was noch besser ist mit einem Metallblättchen znm Theil belegt seyn. Von diesen Zubereitungen werden wir in der Folge zu reden Gelegenheit genug haben.

[4] § 3. Dass dieser so platterdings angewendte Bogenleiter keine Elektrizität hervorbringen könne, wird jeder leicht einsehen, der nur eine oberflächliche Kenntniss von der Elektrizität hat; wohl scheinet aber sein einziges und eigentliches Geschäft zu seyn, jene Elektrizität, die schon da war, zn erwecken, die in Unordnnng gebrachte elektrische Flüssigkeit ins Gleichgewicht zu bringen, nnd sie von da, wo sie durch ihre Menge oder Verbreitung die Oberhand hat, dorthin zu leiten, wo sie fehlt. Aus dieser Ursache heisst er auch mit Recht der Znleiter oder Entlader. Wir müssen nnn vermnthen, dass diese Organe des Thieres bey einem solchen Stande der Elektrizität oder des Gleichgewichtes der elektrischen Flüssigkeit in den dazu gehörigen Theilen, in einem natürlichen Zustande sich befinden müssen, wenn der blosse leitende Bogen die obgenannten Znsammenziehnngen hervorbringen soll. Was sage ich vermuthen? für gewiss müssen wir annehmen, dass bey solchen Umständen, nichts anderes, als die elektrische Flüssigkeit diese Mnskelbewegungen hervorbringe, nnd nnr auf die Art errege, wenn sie nämlich zwischen einem und dem andern Theile des Thieres in [5] Unordnnng gebracht, und von dem zuleitenden Bogen ins Gleichgewicht gesetzt wird.

§ 4. Uebrigens kann dieser Konduktor aus einem, zween oder mehrern Stücken bestehen, ganz oder nnr znm Theil aus Metall nnd aus andern Körpern zusammengesetzt seyn, wenn diese nnr leitend sind, wie z. B. Wasser, thierische Körper, Kleider, Holz, nicht zn trockene Wände, u. s. w. Alles was nothwendig ist, dass die Entladung einer leidner Flasche vor

sich gehe, nämlich: dass die elektrische Materie in ihrem Kreislaufe durch nichts gestört werde, wird auch bey dem auf obbenannte Art zubereiteten Thiere erfordert, damit die elektrische Flüssigkeit, die sich kraft ihrer eigenen Organisation zwischen den Muskeln und den Nerven, oder, welches wahrscheinlicher ist, zwischen den innern und ässseren Theilen des Muskels im Gleichgewichte erhält, von einem Theile zum andern mit der nöthigen Geschwindigkeit geführt werde.

§ 5. In dem Maasse, wie die Lebenskraft abnimmt, wird auch die angezeigte elektrische schwächer, und das sowohl in Hinsicht [6] auf die Wirkung, durch welche die elektrische Flüssigkeit sich zwischen den entgegengesetzten Theilen ins Gleichgewicht sezt, zwischen den Nerven nämlich, und Muskeln, oder wie gesagt worden zwischen den inneren und ässseren Theilen desselben; so denn auch in Hinsicht auf die Kraft durch welche diese Flüssigkeit ins Gleichgewicht gesezt wird. Eine Menge, nicht eigentlich elektrischer, sondern nur weniger gut leitender Körper, fangen hier an den Umlauf, wenn auch nicht gänzlich zu unterbrechen, dennoch sehr zu verzögern. Der Fussboden des Zimmers, Wände, Tische von Marmor oder trockenem Holze, Tapeten sind wenig leitende Körper: dahero tangen die ersten, als Theile des Bogens nicht mehr zur Entladung, die sie verhindern und verzögern, so dass die Zusammenziehungen in dem zubereiteten Thiere nicht mehr statt haben, welche vorgiengen, als es noch im Besitze einer grössern Lebenskraft war. Nimt man noch mehr von dieser Lebenskraft hinweg, so nützet auch eine Kette von Menschenhänden nichts, und es ist vergebliche Arbeit, den Versuch machen zu wollen. Eben so wenig gelingt er, durch eine einzige, die Kette vorstellende Person, eben so wenig durch das Wasser [7] oder eine metallene Kette. Der Versuch gelingt nur mit einem metallenen Bogen, der höchstens aus zwey Stücken zusammengesetzet seyn darf, und auch dieser wird noch vereitelt, wenn ein noch so dünner Körper dazwischen kömmt; so ist z. B. ein dünnes Papier hinlänglich, das freye und schnelle Zuströmen der elektrischen Flüssigkeit, welche zu der Zusammenziehung der Muskeln erfordert wird, zu verhindern.

§ 6. Nebst diesem bemerkt man noch in dem Gliede und dem Organe, das heisst in dem mit seinem Muskel verbundenen Nerven eine grosse Aehnlichkeit mit der leidner Flasche, weil die Entladung desselben eben so wohl durch die Dazwischenkunft eben dieser Körper verzögert und gewissermassen ganz

gehindert wird; ist die Elektrizität sehr schwach, so kann die Entladnng nnr mittelst eines zuleitenden, nnr aus einem einzigen Stücke Metalls bestehenden Bogen vor sich gehen. Kurz in allem, was ich bis itzt gesagt habe, stimmen sie mit der verschiedenen Beschaffenheit, der, die elektrische Flüssigkeit durchlassenden Körper überein. Diese Uebereinstimmung ist am grössten mit den [8] Metallen, als ganz vollkommenen Leitern, weniger gross, mit weniger leitenden, und so im Verhältnisse herab bis die Körper in nicht leitende übergehen, und sie auch aufhört. So wie bey der leidner Flasche die schnellste Entladung die vollkommneste ist, die mehr oder weniger langsame, die mehr oder minder vollkommene; und endlich die verhinderte, gar keine Entladnng mehr ist, so verhalten sich auch die Zusammenziehungen der zubereiteten Thiere bey der Anwendung eines Konduktors.

§ 7. Wer wird nun nach diesem noch zweifeln können, dass diese Bewegungen der Muskeln nicht durch ein ähnliches Spiel der elektrischen Flüssigkeit, die zwischen den inneren und änssern Theilen des Muskels, oder diesen nnd den Nerven in Unordnung gerathen ist, hervorgebracht werden, wie wir das anf eine künstliche Art in den entgegengesetzten Oberflächen einer geladenen leidner Flasche sehen, wo sie durch den erwähnten Bogen ins Gleichgewicht gesezt wird.

§ 8. Dies ist der Innhalt der Untersuchnngen und Entdeckungen des Hrn. *Galvani* [9] in Beziehnng anf die thierische Elektrizität. Diese Entdeckung ist nicht nur wichtig, sondern auch neu, obgleich man schon wusste, dass der Krampffisch (Raja Torpedo Lin.) und der Zitteraal (Gymnotus electricns L.) die Eigenschaft der Leidner Flasche, einen elektrischen Stoss hervorzubringen, besassen. Da nun aber diese wunderbare Eigenschaft nur einigen ganz besonderen Fischen*) zukömmt, nnd

*) Ausser dem Krampffische, aus dem Geschlechte der Rochen, nnd dem Zitteraal aus Snrinam, welcher eigentlich unter die Kahlrücken oder Finnaale gehört, zeichnen sich itzt nnter den Fischen noch zwey ans, die einen elektrischen Stoss geben. Einer ist schon von *Adanson*, der ihn Zitterer nennt, dann von *Forskal*, und ausführlicher von *Brussonet* (Mém. de l'Acad. des Scien. a. 1782, und im Jonrn. de Phys. 1785. Aout.) beschrieben nnd abgebildet. Er gehört unter die Welse und lebt in den Flüssen Afrika's; der andere ist in den Transaktionen der engl. Sozietät des Jahres 1786. 76 B. 11ten St. beschrieben, nnd gleichfalls abgebildet, gehört zu dem Geschlechte der Stachelbäuche (Tetrodon L.) und wird in den Meeren von Afrika und Amerika gefunden.

von einer eigenen [10] Einrichtung der Organe abzuhängen scheinet, wie es die Anatomie dieser Fische beweist, und da auch diese Fische das Vermögen haben, den Stoss zu geben, oder nicht, so war gar keine Ursache zu glauben da, dass ein ähnliches elektrisches Spiel vor sich gehen, und auf die thierischen Handlungen aller lebenden Thiere, in welchen sich nichts von der Eigenschaft elektrische Bewegungen zu erregen blicken liess, so viel wirken sollte. Man musste also glauben, dass, da kein anderes Thier, auch nur den geringsten Grad dieser Kraft, die genannten elektrischen Fische sie aber in einem so hohen Grade besassen, dieser Vorzug ihnen ausschliesslich zukomme.

§ 9. Das glaubten die Physiker und Physiologen allgemein, wenige ausgenommen, welche jene Elektrizität, die durch das Reiben der Thierhäute und der Haare oder Kleider der Menschen erreget wird, für die thierische nahmen, folglich diese künstliche äusserliche Elektrizität für eine natürliche innerliche lebender Körper hielten.

[11] § 10. Diese vorgebliche thierische Elektrizität, die im Grunde keine andere ist, als die gewöhnliche künstliche, die durchs Reiben hervorgebracht wird; da die Kleider und Häute mit was immer für Körpern selbst unbelebten gerieben, wenn sie nur sonst durch eine sanfte Wärme trocken gehalten werden, eben so wohl elektrisch werden, als ob sie auf Häuten lebendiger Thiere gerieben worden wären; diese vorgebliche Elektrizität suchten ihre eifrigsten Anhänger durch einige auffallendere Versuche und Bemerkungen eben dieser Art aufrecht zu halten; nämlich mit der gewissermassen willkührlichen, und eben nicht schwachen Elektrizität, die sich zu gewissen Zeiten in den Federn der Papageyen bemerken lässt; und in der äusserst schwachen, den zartesten Elektrizitätsmessern nur fühlbar, welche entsteht, wenn ein Mensch einige Schritte thut, den Leib und Arme bewegt, auf einen isolirten Schemmel steigt, und mit der Hand eines dieser empfindlichsten [12] *Cavallo*'schen oder *Bennet*'schen Elektrometern berührt.

§ 11. Der erste Fall ist hinlänglich erklärt ohne zu einer eigenen thierischen Elektrizität die Zuflucht zu nehmen, wenn man das sanfte Reiben der Federn, wenn sie der Papagey in die Höhe sträubt, und sie dabey trocken sind, in Anschlag bringt. Im zweiten Falle mit dem Menschen, wird dadurch bewiesen, dass es keine thierische Elektrizität giebt, die ihren Ursprung in einer besondern Eigenschaft oder Kraft der Or-

gane hat, wenn man diese Erscheinung dem Reiben der Kleider, welches selbst durch das Athemholen hervorgebracht werden kann, zuschreibt. Ein Beweis davon sind die Versuche des Hrn. *Saussure*, welcher nakte isolirte Menschen die empfindlichsten Elektrizitätsmesser berühren liess, ohne auch nur ein Zeichen der Elektrizität zu bemerken.

§ 12. Andern ähnlichen Beweisen darf man ebenfalls keinen grössern Glauben beymessen. Dahin gehöret z. B. der in Ofen getrockneten Nerven, aus welchem *Comus* der berühmte physikalische Taschenspieler) [**13**] Scheiben verfertigte, und ihnen das Ansehen elektrischer Maschinen gab, diese wurden durch gut angebrachte Kissen gerieben, und gaben eine lebhafte Elektrizität; dadurch wollte er die Identität der elektrischen Flüssigkeit, mit jener der Nerven beweisen. Die nämlichen Versuche aber, gehen sowohl mit im Ofen getrocknetem Holze oder Pappendekel vor sich. Ich selbst habe schon aus dergleichen Körpern schöne und gute Elektrisirmaschinen gebauet*). Dergleichen Versuche mit den Nerven und anderen thierischen Theilen, fallen nur jenem auf, der nicht weiss, dass alle Körper, sie mögen thierisch, vegetabilisch oder mineralisch seyn, so wie sie gänzlich ihrer Feuchtigkeit beraubt sind, idioelektrisch, folglich durch das Reiben**) fähig werden, elektrische Erscheinungen zu geben, [**14**] nur die Metalle ausgenommen, welche wesentlich vollkommene Leiter und anaelektrisch sind.

§ 13. Ich darf nun auch auffallendere Versuche nicht mit Stillschweigen übergehen, welche selbst bey Kunstverständigen den Anschein, wenigstens einen Verdacht einer thierischen Elektrizität im wahren und eigenen Verstande, erregten. Mir scheinen sie aber dennoch nicht den vesten und sichern Grund zu haben, den ihnen der grösste Theil der Physiker beilegten. Denn einige davon sind zu sehr mit den Erscheinungen der künstlichen Elektricität vermischt, andere obgleich auffallend genug, sind vereinzelt, das heisst, ihr Erfolg ist ganz zufällig, und derjenige, dem ein solcher Versuch gelungen, wusste, da er ihm nur ein einzigesmal gelang, keine Ursache anzugeben

*) Dergleichen Maschinen aus getrockneten Pappendeckel und Holze, habe ich in einer im Jahr 1771 erschienenen Dissertation, unter dem Titel: De Corporibus eteroelectricis, quae fiunt idioelectrica, Experimenta atque observationes, beschrieben.

**) Dies ist der vorzügliche Gegenstand meiner erwähnten Dissertation.

[illegible]

[illegible] und [illegible] der [illegible] [illegible] und [illegible] seine [illegible] Funken [illegible] so [illegible] wieder- [illegible] über [illegible] [illegible] Zusam- [illegible] Eingeweiden [illegible] und [illegible]

[illegible] Versuch, da [illegible] Zwei- [illegible] wäre. Ich [illegible] welche [illegible] was ich [illegible] Versuch [illegible] Wiederholen auf- [illegible] Versuch [illegible] schon [illegible] Zurück- [illegible] Ersuchen war [illegible] gütig [illegible] Ich habe [illegible] damals mit [illegible] und [illegible] den geringsten Erfolg.

[illegible] darin, lass man den Urin, [illegible] in einem isolirten metallenen Becken

[illegible] Mars, fische, Torino 1789. Versuche über die Elektrizität [illegible] und der zahmen Katzen.
[illegible] philos. etc. Derthonae 1790.

Digitized by Google

anffängt, dieser giebt nnn keine schwachen, sondern manchmal [17] starke Anzeigen einer negativen Elektrizität, so zwar, dass die Fäden eines Cavalloschen Elektrometers acht, zehn und mehr Linien aus einander gehen. Anfänglich glaubte ich, diese Elektrizität könne ans der Zerstrenung der Tropfen entstehen, anf eben die Art, wie eine ähnliche negative Elektrizität in den Wasserfällen, nnd wie Hr. *Tralles* richtig entdeckt hat, auch in den künstlichen Wassersprüngen entsteht, welches ich ebenfalls wahr befunden habe. Es sey nun, dass diese Elektrizität durch das Reiben der Tropfen unter einander oder derselben mit der Lnft, wie Hr. *Tralles* anfänglich selbst glaubte, erregt werde, oder dass sie dnrch die Ausdünstung dieser Tropfen, die den dünsten Regen, Dunst oder Nebel bilden, entstehe; ich meine, dass diese Tröpfchen in einen elastischen Dampf übergehen, was sehr wahrscheinlich ist, wie ich es auch in meinen Briefen über die elektrische Meteorologie*) weitläufig erkläret habe, *Tralles* selbst gab seine erste Meinnng auf, nnd nahm endlich [18] meine an. Anfänglich glaubte ich also, diese sich manchmal zeigende negative Elektrizität entstünde entweder von dem Anseinanderspritzen der Tropfen und den anfsteigenden Dämpfen des Urins, oder aber in dem Gefässe, womit man ihn auffängt. Aber der kleine Bogen, den der Urin beim Lassen beschreibt, das geringe Auseinanderspritzen desselben, und der wenige Dampf, welcher aufsteigt, schienen mir nicht im Stande zu seyn, eine so merkliche Elektrizität hervorzubringen. Durch ferner angestellte Versuche wuchsen meine Zweifel noch mehr. Ich trieb den warmen Urin mittelst einer Spritze in grösserer Menge nnd mit mehr Gewalt als beim natürlichen Lassen desselben geschieht heraus; und obgleich ich diese Versuche auf vielerlei Art nnd mehrmahl wiederholte, so erhielt ich dennoch nie das geringste Zeichen einer Elektrizität. Ich argwöhnte nun und begann zu glauben, dass die, bei dem Urin lassen sich zeigende Elektrizität von einer wahren, eigenen thierischen Elektrizität herkomme, ohne es jedoch für gewiss anznnehmen; ich wünschte überzeugendere Beweise zu haben um meinen Unglanben in Rücksicht auf thierische Elektrizität zu überwinden.

[19] § 16. Wir wollen nnn von den Versuchen und Be-

*) S. siebenten Brief in 9 und 10ten B. der »Bibliotheca fisica d'Europa.

merkungeu anfhören, die vou den Physikern uuternommen worden, uud wovou mauche bei vielen derselbeu für hinlängliche Beweise der thierischeu Elektrizität gegolten habeu. Aber vou andern auf diese zu schliessen, war der grösste Theil dieser Versuche übel verstanden, ein anderer Theil davon zweideutig, und keiner derselben bewiesen nnd mit deu Keuuzeichen versehen, die jedeu Zweifel ausschliesseu. Eine reiche Sammlnng solcher gut oder übel angestellter Versuche findet man in verschiedenen sonst sehr schätzbaren Werkeu eines *Bertholon*, *Gardini*, *Vassalli*, und audern Werken und Abhandlungen.

§ 17. Da ich nun eine kurze Beschreibung jener Versuche gegebeu habe, auf welche die Physiker ihre Grüude der vorgeblicheu thierischen Elektrizität bauen, Versuche welche zwar sichtbare elektrische Zeichen geben, aber vou einer ganz anderu Elektrizität herkommeu könneu, uud wahrscheinlich auch kommen; so wird es also hier, wie ich glanbe, nicht am unrechten Orte seyn, wenu ich noch etwas von den blos idealischen Meiuungen einiger Physiologen, [20] was immer für eine thierische Elektrizität betreffeud, anführe; sie mögeu nun mehr oder weniger richtig gedacht, und iu einem bestimmten und festen oder in einem unbestimmten und schwankendeu Sinne vorgetragen scyn. Jene Physiologen, die sie nur obenhin und abgesondert ohne Zusammenhang betrachtet, begnügeu sich zu glauben, dass die angeblicheu Lebensgeister oder der Nerveusaft (der allgemein angenommenen Meinung nach bestimmt sind, die äussern Eindrücke ins sensorium commune zu bringeu, und anf die Winke des Willens, indem sie die Nerven und Muskeln der Glieder durchlaufen, jene Bewegungen in ihnen hervorzubringen, derer sie fähig sind, oder die von ihnen abhängen. Sie begnügeu sich also, dicse Lebensgeister so zu betrachten, als ob sie durch eine äusserst feine, beweglicbe, wirksame und jener des Lichts, des Aethers, der elektrischen Materie ähnliche*) Flüssigkeit zur Hervorbringung [20] des Gefühls und der willkührlicheu Bewegungeu dienten; und das nur um die plötzliche Geschwindigkeit, mit welcher dieser vorausgesezte Durchlauf der wirkeuden Flüssigkeit vor-

*) Eine lenchtende Flüssigkeit ebenfalls nach *Newton* Inves. opt. V. *Haller* Elem. Physiol. Edit. Lausan. in 4 T. IV. lib. X. p. 378 wo er die ähnlichen Meinungen vieler anderer Schriftsteller anführt.

gehen muss, zu erklären, da die angezeigte Wirkung in einem Augenblick vollbracht ist. Sie sind also darauf eingeschränkt, die Nerven auf eine gewisse Art für die Leiter der Lebensgeister, oder des Nervensaftes, so wie es die Metalle von der elektrischen Flüssigkeit sind, zu halten, ohne deswegen zu bestimmen, welch einer Natur diese thierische Flüssigkeit sey, sondern sie nennen sie nur eine elektrische, ätherische oder ähnliche Flüssigkeit, oder sie bezeichnen eine Aehnlichkeit im Wirken mit diesen äusserst feinen und wirksamen Flüssigkeiten als Dunst, Licht, Aether, und als elektrische Materie. Verweilen sie nun noch länger bei der Analogie mit diesen leztern, so läuft alles dahin aus, ein gewisses Spiel, oder eine Verrichtung, so einer Flüssigkeit, als die elektrische ist, vorauszusetzen und anzunehmen, ohne zu wissen wie, was so viel als nichts sagt. Diese Physiologen, die so schwankende Begriffe haben, dörfen gar nicht unter die Zahl Beförderer der thierischen Elektrizität gerechnet werden, [22] obgleich sie nicht selten sich dieses Titels widerrechtlich anmassten.

§ 18. Aber es giebt andere, welche vorzüglich mit der oben angezeigten Analogie der Zulciter weiter giengen, diese sezten ihre Muthmassungen fort, und wollten bestimmt voraussetzeu, dass diese nicht die Natur irgeud einer actherischen sondern der eigenen elektrischen Materie haben, und erklärten sie durch dicse identische Flüssigkeit. Die Schriftsteller und Vertheidiger dieser Meinung, an deren Spitze man Hrn. *Sauvages**) zu setzen hat, stützten [23] sich vorzüglich auf die bekannte grosse Wirksamkeit der elektrischen Kraft, die Muskeln zu reitzen; da, wenn auf die Muskeln eines todten Thieres oder eines abgeschnittenen Gliedes kein chemischer oder mechanischer Reiz mehr wirkt, so ist ein wenig elektrische Materie hinlänglich den Muskel (wenn ihn entweder ein mässiger Funke unmittelbar berühret, oder auf eine andere

*) *Haller* a. a. O. aus den Collect. T. I. p. 1925. Hier kann man mehrere Schriftsteller anführen, einen *Du Fay*, *Le Cat*, *le Camus*, *Kessler*, *Huber*, *Besecke*, *Des Hays*, *Gardini*, *Bertholon*, u. s. w. so wie verschiedene Abhandlnngen und andere über diese Materie handelnde Schriften. Eine neue Schrift, die alles das zusammenfasst, was darüber gedacht und gesagt worden ist, und einige neue Ideen auseinandersetzt, ist folgende: Dissertatio philosophica inauguralis sistens examen de Electricitate corporum organicorum. Heidelbergae, 1791. Der Verfasser davon ist Herr Edmund Jos. *Schmuck*.

Art mit genugsamer Schnelligkeit durch denselben getrieben wird) anf eine gewisse Art neu zn beleben, nnd in Bewegnng zn setzen. Daher wollten sie nnn schliessen, da die elektrische Flüssigkeit das höchstwirkende Mittel durch den Reiz nnd die Muskelbewegung ist, dass die Natnr sie auch zn diesem Endzweck in der thierischen Oekonomie anwende. Nun kamen unsere Physiologen, nnd bestärkten sie in ihrer Meinung durch die Art, wie sich die Natur ihrer bei den oberwähnten elektrischen Thieren, des Krampffisches, des Zitteraals n. a. m. bedient. In Ansehung dieser Thiere ist die Natnr gewissermassen sehr verschwenderisch, nnd begabt sie mit einem solchen Übermass elektrischer Kraft, dass sie auch nach ihrem Gefallen äusserlich damit wirken können, indem sie durch die unmittelbare, oder mittelst guter Leiter [24] fortgepflanzte Berührung Stösse beibringen. Bei allen übrigen Thieren ist die Natur sparsamer, und schränkt sie nnr auf den innern Gebrauch, nur anf die thierischen und Lebensverrichtungen ein. Man kann mit Recht sagen, dass die Natur den erstern Waffen und gleichsam Batterien gegeben habe, theils um ihre Feinde anzugreifen nnd zu überwältigen, theils um sich Nahrung zn verschaffen, wie man denn weiss, dass sie Fische, welche sie nicht erreichen können, dnrch ihre Elektrizität lähmen und dann haschen. Allen andern Thieren hat sie nur so viel Kraft, die angeborne elektrische Flüssigkeit zu bewegen gegeben als zuträglich und nothwendig ist zur innern thierischen Oekonomie. Nnn setzten sie vorans, alle Thiere besässen eine natürlich angeborne Elektrizität, das heisst, eine Kraft, die eigentliche elektrische Flüssigkeit, wenn auch nicht äusserlich doch innerlich aus dem Gleichgewichte, und von einem Theile des Organs zu dem andern zu bringen; nicht aber jene, die nur einigen besondern Fischen eigen, und dahin beschränkt ist, alles was sich ihnen nähert, heftig zu bewegen nnd zu lähmen.

[25] § 19. Das waren nnd mussten (obgleich man sich, wie es scheint, nicht ganz erkläret hat) die Voraussetzungen einiger Physiologen seyn; welche wenn sie sich auch nicht die eigentliche, das ist, die mit allen charakteristischen Kennzeichen, Funken, Anziehung u. s. w. ausgerüstete Elektrizität dachten; so doch ein den thierischen Verriehtungen dienliches Spiel der elektrischen Flüssigkeit, und sonderheitlich jenes, welches einen unmittelbaren Einfluss der Nerven auf die Muskeln nnd das Gefühl hat. Ein solches Spiel dieser Flüssig-

keit mussten sie sich vorstellen, obgleich kein äusserliches Anzeichen, keines der gewöhnlichen Merkmale da war, woraus sie erkannt wird*), den Schlag ausgenommen, [26] den die schon so oft erwähnten besonderen Fische geben. Andere Physiologen machten nicht viel aus diesen schwankenden Hypothesen und Theorien, ja sie bestritten sie noch damit, dass sie ihnen ausser dem Mangel wahrer, sichtlicher, elektrischer Zeichen, auch noch die geringe, oder besser die ganz fehlende nur scheinbare Aehnlichkeit, mit den bekannten Gesetzen der Elektrizität, entgegen stellten**).

§ 20. Aber wenn auch alle Physiker und Physiologen übereingekommen wären, die wahre elektrische Flüssigkeit für die erste Ursache der Muskelbewegungen anzunehmen, durch welche in der thierischen Oekonomie auf eine natürliche Art die Wirkung der Nerven auf die Muskeln erregt wird; wovon wir aber noch [27] sehr weit entfernt sind; denn der grösste Theil der Physiologen schreibet diese Wirkung ganz was Anderu zu, und die aufrichtigsten aus ihnen gestehen, sie gar nicht zu kennen, und nicht zu wissen, weder durch welch ein wirkendes Mittel, noch wie sie hervorgebracht werde: aber nehmen wir an, sie wären übereingekommen, die eigentliche elektrische Flüssigkeit als dies Mittel anzuerkennen, welch ein Abstand von so einer ungewissen, schwankenden Hypothese, die nicht einmal bestehen kann, bis zu der Entdeckung, welche mit Erfahrungen darthut, und welche die thierische Elektrizität unter die Reihe erwiesener Wahrheiten anstellt. Dies blieb dem Hrn. *Galvani* aufbewahrt, ihm gebühret also das ganze Verdienst und die Originalität dieser grossen und wunderbaren Entdeckung.

§ 21. Die Entdeckung der Aehnlichkeit der elektrischen

---

*) Das ist: die thierische Elektrizität machte sich durch kein äusserliches Zeichen bekannt; obgleich die von den Physikern in den oben erwähnten Versuchen, erhaltenen Zeichen, Zeichen der wahren Elektrizität waren, so beweisen sie dennoch die thierische Elektrizität, in dem Sinne, wie wir sie oben erklärt haben, nicht; alle beweisen eine innere, von der thierischen Oekonomie und der eigenen Wirkung der Organe herkommende Elektrizität, eine durchs Reiben erregte äusserliche u. s. w. kurz immer eine künstliche. Wenn ich alle sagte, habe ich vielleicht zu viel gesagt, obgleich ein oder zwei dieser Versuche, namentlich die mit dem elektrischen Urin, etwas von einer thierischen anzuzeigen scheinen, aber nicht entscheidend beweisen, wie ich oben (§ 15.) bemerkt habe.

** *Haller* in angef. Werke.

Materie mit der des Blitzes, durch Herrn *Franklin*, ist weniger neu und weniger wunderbar. Schon *Nollet* und andere haben sie vermuthet und gesagt, dass sie den Donner, Bliz und andere Meteore durch die Elektrizität erklären wollten. Sie nahmen diese Elektrizität der Gewitterwolken als blosse [28] Vermuthung an; aber *Franklin* entdeckte und stellte sie in ein helles Licht. Jene hatten nun neue Hypothesen, welche diese Elektrizität bestätigten und sie in die Zahl der durch Versuche bewiesenen physischen Wahrheiten setzten. Eben so bewies unser *Galvani* durch unumstössliche Versuche die thierische Elektrizität, die vorher zwar von einigen vermuthet, aber von keinem (die des Krampffisches und des Zitteraals ausgenommen,) bewiesen worden war. Er hat also eben so wohl, wie der amerikanische Philosoph das Verdienst einer neuen Entdeckung.

§ 22. Hält man diese zwey Entdeckungen gegeneinander; so scheinet, die Wahrheit zu sagen, die unsers Italieners weniger hervorzustechen; und das zwar, weil durch das Beispiel des Krampfrochens und anderer elektrischer Fische, schon etwas gewisses über diese Elektrizität bekannt war, anstatt dass alles, was man vor der Entdeckung *Franklins*, von der natürlichen athmosphärischen Elektrizität wusste, nur Muthmassungen waren. Will man nun strenge mit Hrn. *Galvani* verfahren, so setze man seine Entdeckung mit der des Hrn. *Monnier**) [29] in eine Klasse. Er entdeckte die Elektrizität der nicht gewitterschwangern Wolken, des Regens, des Schnees, des Nebels und des heitern Himmels, nachdem schon jene der Gewitterwolken bekannt war. So wie man also von dieser Gewitterelektrizität auf die Entdeckung einer sanften und stillen gerieth, die in jedem Zustande der Athmosphäre da ist, eben so konnte man von der kräftigen und stossenden des Krampffisches u. s. w. als der einzigen bekannten thierischen Elektrizität, auf die unendlich schwache und unmerkliche aller anderen Thiere gelangen.

§ 23. Um aber das Verdienst unsers Entdeckers zu erhöhen, muss man bedenken, dass der Schritt von der Elektrizität der Gewitterwolken zu der des jedesmaligen Zustandes der Athmosphäre sehr leicht war, auch war diese obgleich schwache Elektrizität nicht zu weit von der Erde entfernt, den empfindlichen Elektrometern fühlbar, folglich immer, nur vielleicht

*) Mém. de l'Acad. des sciences de Paris, 1752. p. 240. 241.

ein wenig später zu entdecken. Viel schwerer war aber der andere Schritt zu machen, von der [30] Elektrizität nämlich der oft erwähnten Fische, welche man die Gewitterelektrizität nennen konnte, auf jene aller andern Thiere, die so schwach ist, dass man nicht nur keinen Stoss bekömmt, sondern die auch den empfindlichsten Elektrometern nicht merkbar wird. Da musste man also seine Zuflucht zu andern Kunstgriffen nehmen um zur Gewissheit darinn zu gelangen; der dazu erforderlichen anatomischen Vorbereitungen, damit diese äusserst schwache Elektrizität sich in gewissen Organen des Thieres zeige, will ich gar nicht erwähnen.

§ 24. Bei diesem Vergleiche zwischen der athmosphärischen und animalischen Elektrizität will ich noch bemerken, die erste, als die in Augen fallendere, gab Anlass zu sehr nützlichen Anwendungen im gemeinen Leben. Diese Entdeckung der fürchterlichsten Elektrizität der Gewitterwolken lehrte uns zugleich die Mittel Gebäude, Schiffe u. s. w. gegen den Bliz sichern. Die darauf erfolgte Entdeckung der Elektrizität der Wolken und des heitern Himmels hat uns zwar mit theoretischen Kenntnissen bereichert, durch welche viele Erscheinungen der Meteorologie erkläret werden; aber dagegen [31] hat sie uns sehr wenig, bei nahe gar keinen wirklichen Vortheil für die Bedürfnisse oder die Bequemlichkeit unsers Lebens gebracht, und verspricht nicht einmal einen. Im Gegentheil können wir von den, die thierische Elektrizität betreffenden Entdeckungen sagen, zwar nicht von der ersten und ältern, welche beweist, dass die heftige Bewegung, welche man bei der Berührung des Krampffisches und Zitteraals empfindet, die Wirkung der wahren Elektrizität sey, aber wohl von der jüngst entdeckten, die darthut, dass allen Thieren ein gewisser Grad von Elektrizität zukömmt, ein äusserst schwacher zwar, der nicht im Stande ist einen Schlag zu geben, sondern nur Zusammenziehungen und Muskelbewegungen in den Thieren hervorzubringen; von dieser letzteren Entdeckung des Hrn. *Galvani* können wir also sagen, dass sie so wohl für die theoretische als praktische Medizin von Nutzen seyn wird.

[32] II. Neu unternommene Versuche über die thierische Elektrizität.

§ 25. Eine Entdeckung von dieser Art, musste über all, wo man immer von ihr hörte, Erstaunen erwecken; vorzüglich bei uns, da wir sie einem Landsmanne, einem Italiener zu verdanken hatten. Um die Wette wurden diese Versuche alsogleich von vielen nachgemacht. Ich war der erste, welcher (von mehrern meiner Collegen, vorzüglich von *Carminati* aufgemuntert, der mir sogleich die Abhandlungen *Galvani*'s und *Rezia*'s brachte, auch sich zum Gehülfen anbot) sie zu Pavia wiederholte. Das nämliche that ich auch einige Tage darauf (gegen das Ende der Fasten) zu Mailand.

Ich muss gestehen, voller Unglauben und mit geringer Hoffnung gieng ich an die ersten Versuche, so sehr schienen mir die beschriebenen Erscheinungen unglänblich, und wenn nicht dem ganz entgegengesetzt, doch weit über das hinaus, was man bis itzt von der Elektrizität wusste. [**33**] Ich schäme mich nicht, den Entdecker dieses Unglaubens, und dieser Hartnäckigkeit wegen um Vergebung zu bitten, ich kenne nun nichts wichtigeres und rühmlicheres, als ihn zu erheben, seit ich sie selbst gesehen habe, so schwer mir anfänglich das Glauben war. Nnn bin ich bekehrt, ich war Augenzeuge, ja ich habe selbst diese Wnnderwerke gewirkt, und bin vielleicht von Unglauben zum Fanatismus übergegangen.

§ 26. Uiber einen Monat ist es, dass ich Hand an diese Versuche legte. Ich habe ihrer viele gemacht, sie ausgedehnt und auf mannigfaltige Art verändert und das nicht ohne neue Kenntnisse darüber zu erlangen. Ich habe mich beinahe nur auf die Versuche mit Fröschen eingeschränkt, weil die Reizbarkeit der Muskeln in diesen Thieren mit kaltem Blute länger anhält, und selbst in abgeschnittenen Gliedern fortdauert. Stunden lang gehen die Versuche leichter, und sicherer vor sich und daher brachten sie mich meinem vorgesteckten Ziele näher. Indessen wünschten meine Collegen und ich, dass Versuche auch mit Thieren mit warmem Blnte angestellt würden. Einige unscrer [**34**] jungen Akademiker unternahmen es, und

der glückliche Erfolg bestätigte auch in diesen vollkommen die wunderbare Entdeckung des Hrn. *Galvani*. Diese letztern Versuche, sind so viel ich weis, weder weiter ausgedehnt, noch abgeändert worden. Man begnügte sich damit bewiesen zu sehen, dass die Erscheinungen der thierischen oder eigenen organischen Elektrizität in den Thieren mit warmem Blute, den Hunden, Katzen, Schweinen und andern vierfüssigen Thieren und Vögeln eben so wohl statt hätten, als in den Fröschen, Eidechsen, Fischen und andern Thieren mit kaltem Blute. Ich werde hier keine Rechenschaft von den Versuchen anderer, noch von den wenigen, die ich selbst angestellt habe, ablegen. Denn ich habe bis itzt diesen Versuch einmal mit einem Schafe unternommen, wobei mir Dr. *Palleta* Wundarzt und Anatomiker von Mailand, im Beiseyn des Hrn. Dr. *Baronio* und anderer, half. Ein andermal versuchte ihn in meinem Hause mit einer Taube Hr. *Valli**) aus Toskana in [**35**] Gegenwart noch einiger Zuschaner. Ich will also nur eine kurze Nachricht von jenen geben, die ich mit mehr Fleisse und Aufmerksamkeit angestellt habe, und die ich, wie ich schon gesagt habe, verändert und bis auf die besondersten Untersuchungen ausgedehnt habe. Auch will ich hier die umständliche Beschreibung, die zu weitläufig gerathen könnte, weglassen, und mich nur auf einen Auszug der vorzüglichern Resultate einschränken, grösstentheils jener, welche etwas neueres oder bestimmteres, als die in Hrn. *Galvani*'s Werk befindlichen, enthalten.

§ 27. Da die vornehmsten Versuche über wahre thierische den Organen eigene angebohrne Elektrizität so bestättiget sind, dass kein Zweifel mehr statt findet, so entschloss ich mich die Qualität, Quantität und die Art derselben zu untersuchen. Die Untersuchung der Quantität oder der Stärke derselben, schien mir allen [**36**] andern vorgehen zu müssen. Was lässt sich Gutes, besonders in der Physik, hervorbringen, wenn nicht alles auf Maass und Grade berechnet ist. Wie lassen sich

---

*) Dieser biedere, in der Arzneikunde schon gradnirte junge Mann der in der hiesigen Universität seine Studien fortsetzt, hat vorigen Jahrs im April einen Brief über diese Materie herausgegeben, worinn er verschiedene seiner Versuche beschreibt. Einige davon sind neu, wenigstens auf verschiedene Art vermannigfaltigt. Er bringt, wie er selbst sagt, einige mehr medicinische als physikalische Gedanken, die Zeit und Erfahrung reifen lassen werden, die mir aber grösstentheils sehr gewagt erscheinen und unverdaut, wie auch die in Hast und Eile angestellten Versuche, nicht genügend vergewissert sind.[6])

die Ursachen abwägen, wenn weder die Stärke noch die Menge nnd der innere Gehalt der Wirknngen bestimmt ist. Um nun die Stärke der eigenthümlichen angebornen Elektrizität beurtheilen zn können, jener nämlich, welche natürlich in den Organen wirkt, wenn durch nichts als die Anwendung eines ganz metallenen Bogenleiters Zusammenziehungen in den selben, zwischen den Muskeln nnd den dahin gehörenden Nerven erregt werden. Diese Elektrizität nun beurtheilen zu können, hielt ich fürs besste, zuerst die Wirkung der künstlichen Elektrizität auf eben diese Organe auf ein gewisses Maass zu bringen, und das möglich Geringste zu bestimmen, welches erforderlich ist, um in einem solchen Thierchen, es sey nun todt oder lebendig, ganz oder verstümmelt, auf diese oder jene Art zubereitet, oder auch nur in dessen abgeschnittenen Gliedern, solche Muskelbewegungen nnd Znsammenziehungen hervorzubringen, wie sie durch ihre eigenthümliche und gewissermassen willkürliche Elektrizität in demselben hervorgebracht werden.

[37] § 28. Ich habe aber gefnnden, dass auf alle Fälle eine sehr schwache Elektrizität hinlänglich sey, nicht nur kleine Bewegungen und Kolvusionen, sondern sogar mnnteres Springen und Anfhüpfen in allen Gliedern, besonders aber in den Füssen hervorzubringen; eine beinahe unglaublich schwache Elektrizität macht eben diese Wirkung auf die nach der Art des Hrn. *Galvani* zubereiteten Frösche, wenn man nämlich ihre Hinterfüsse dnrch die sorgfältig entblössten Schenkelnerven an dem Rumpfe hangen lässt, oder anch nur zum Theil entblösst, den Rumpf abschneidet, und dann ein metallenes Häckchen oder Nadel entweder der Länge nach in das Rückenmark steckt oder aber dasselbe von einer Seite zur andern durchsticht.

§ 29. In, auf diese Art zubereiteten Fröschen bringt eine elektrische Kraft, die den kleinsten Fnnken nicht zu geben vermag, die an den empfindlichsten Bennet'schen Elektrometer keinen Grad misset, die heftigsten Zusammenziehnngen und Springe in den Füssen hervor.

§ 30. Ein auf diese Art zubereiteter Frosch giebt einen Elektrizitätsmesser ab, der [38] ohne Vergleich empfindlicher ist als jeder andere. Der Frosch nnterlässt nie sichtbare Zeichen anf eine Ladung der Leidner Flasche zu geben, die nicht im Stande ist die feinsten Goldblättchen zu trennen. Aber nicht allein Frösche sind dazu geschickt, sondern auch andere gehörigermassen znbereitete Thierchen, taugen ebenfalls dazu als:

Eidexchen, Molche, Mänse u. s. w. Dass es aber besser mit Fröschen gelingt, mag daher kommen, weil sie ein zäheres Leben haben, und leichter zuzubereiten sind.

§ 31. Diese unbegreiflich geringe Elektrizität, welche keine 10, manchmal nicht 5/100 Minuten eines Grades meines Elektrometers*) misset, bringt die erwähnten Zusammenziehungen [**39**] in den Beinen des Frosches hervor, wenn der Lauf der elektrischen Flüssigkeit grade von den Nerven auf die Mnskeln geht, d. h. durch jene auf die innere Snbstanz der Mnskeln geleitet wird. Umgekehrt, wenn der Lanf von den Nerven anf die äussere Fläche der Muskeln geht, werden diese Zusammenziehnngen nur dnrch eine vierfache, manchmal nur durch eine 6 bis 8fache elektrische Kraft hervorgebracht, d. i. auf 20—30 nnd selbst 100 Minuten eines Grades eben dieses Elektrometers.

[**40**] § 32. Man wird vielleicht fragen, wie ich es mache, diese nnmerkliche Elektrizität, diese kleinsten Ladnngen einer Leidner oder kleistischen Flasche, unter einem Grade, selbst bis auf $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{10}$ eines Grades zn messen. Ich bringe das sehr leichte zu wege, nnd das mittelst meines Condensators, eines Instruments, welches ich ausführlich in einer besondern Abhandlnng**) beschrieben habe, welches mir in sehr vielen Ge-

---

* Der Flaschen Elektrometer des Herrn *Cavallo*, welcher von dem Hrn. *Saussure*, *Bennet*, nnd wenn es zu sagen erlaubt ist, aneh von mir verbessert worden, ist bekannt. Meine Verbessernng besteht darinn, dass ich anstatt der dünnen Metallfäden mit den Hollundermarkkügelchen, zwei dünne Streifchen Stroh angebracht habe. Ansserdem, dass ich anf diese Art einen empfindlicheren Elektrizitätsmesser erhalte, gewährt er mir noch denn sehr beträchtlichen Vortheil, dass das Anseinandergehen der einfachen Strohpendeln sich änsserst regelmässig nach der Stärke der Elektrizität richtet. Die Beschreibnng davon kann man in dem ersten Briefe über die elektrische Meteorologie im ersten Theile der phys. Bibliothek des Hrn. *de Brugnatelli* lesen. Hr. *Bennet* hat nnn eben die Zeit nm's Jahr 1787 anstatt des Drats zwei Streifchen der feinsten Goldblättchen angebracht, nnd dadurch seinen Elektrometer nngleich empfindlicher aber nicht eben so vergleichbar gemacht. S. Phil. Transact. B. 77. 1787.

**) Die angeführte Abhandlnng, in welcher ich Rechenschaft, von dieser Entdecknng ablegte, wnrde in einer Sitznng der königl. Sozietät zn London vorgelesen, nnd dann im Anszuge in den Philos. Transact. fürs Jahr 1782. nnter dem Titel: Von der Art die schwächste, sowohl künstliche, als natürliche Elektrizität fühlbar zu machen abgedrnckt; dnrch manche Abänderungen dieser Art, kam ich bald hernach anf eine ansserordentlich beqneme Weise, die darin besteht, dass man die Hand mit

legenheiten gedient hat, die auf keine andere Art merkbare Elektrizität zu entdecken und zu messen.

[41] § 33. Ich machte mir es nun zum Geschäfte über die grössere Leichtigkeit Muskelbewegungen hervorzubringen nachzndenken; nämlich über die viel geringere elektrische Kraft, wenn die positive Elektrizität auf die Nerven, die in den Muskel liegen, die negative aber auf die äussere Fläche eben dieses Muskels geleitet wird, als im entgegengesetzten Falle. Das hat mir gezeigt, dass man die eigenthümliche Elektrizität der Organen, welche durch die blosse Anwendung eines Bogenleiters Zuckungen erreget, als eine sehr schwache Ladung einer Art leidner Flasche betrachten müsse; welche von Seiten des Nerven oder des innern des Muskel negativ [42] ist, positiv aber an der äussern Fläche. Folglich fliesst die elektrische Flüssigkeit in einer natürlichen Entladung von dieser auf jenen, oder von den änssern Theilen auf die inneren, nicht aber von innen, oder den Nerven auf die äussere Fläche wie Hr. *Galvani* vermuthet hat.

§ 34. Ich sagte, die natürliche Elektrizität zeige eine aus dem Gleichgewicht gebrachte Flüssigkeit zwischen den Nerven nnd den dazu gehörigen Mnskel, oder zwischen den äussern und innern Theilen des letztern an, und gleiche einer schwach geladenen leidner Flasche oder müsse wenigstens so betrachtet werden. Hr. *Galvani* betrachtete sie eben so, und wir anfänglich mit ihm. Nun aber machten viele neue Versuche, (einen Theil davon habe ich eben angeführt,) dass wir diese Sache bald unter diesen, bald unter jenen Geschichtspunkt brachten, immer aber entfernte sich die Aehnlichkeit mit der leidner Flasche mehr oder weniger. Einige dieser neuen Ideen werde ich ganz kurz anführen, sie aber zu erklären, und zu berichtigen behalte ich mir vor, wenn allenfalls fernere Versuche oder neue Resultate es nothwendig machen sollten.

[43] § 35. Man mag nun die Aehnlichkeit mit der leidner

---

einer Art von Handschnh ans gefirnisstem oder Wachstaffet bekleidet, mit dieser so bekleidcten Hand hält man das Hütchen des Elektrometers; berührt man nnn mit diesem die Flasche, so entladet sie sich in einem nnmerklichen Grade; dieser grosse Vortheil nnd Bequemlichkeit die nnmerklichen elektrischen Ladungen zn messen, war Ursache, dass ich diese Entdecknng in dem angeführten 1ten Briefe (S. vorherg. Note) ansführlicher beschrieben, nnd über dies noch erklärt habe, auf welche Art ich die Stärke der kondensirten Elektrizität, mit was immer vor einen Kondensator, vorzüglich aber mit dem eben erwähnten, berechne.

Flasche beibehalten oder nicht, so bleibt es doch dnrch häufige von mir angestellte und auf alle Arten vermannigfaltigte Versnche bewiesen, dass eine ungleich geringere elektrische Kraft erfordert wird Mnskelznsammenziehungen zu erregen, wenn man die elektrische Flüssigkeit von den Nerven auf die innern Theile des Muskels selbst, als wenn man sie von den Nerven nur auf die äussern Theile des Muskels leitet.

Immer aber wird ein merklicher Unterschied in dem elektrischen Zustande des Nerven in Beziehung anf den Muskel statt finden. Diese Disposition, dieser Zustand macht, dass der Nerve, oder der innere Theil des Nerven die elektrische Flüssigkeit gewissermassen reizt und einladet in ihn zn dringen, während der äussere Theil eben dieses Muskels sie herauszutreiben strebt. Damit will man anzeigen, dass beide Theile die Entladung eines Kondnktors oder einer kleistischen Flasche begehren. Wenn also die positive Kraft an die Nerven, die negative aber an die Muskeln gebracht wird, so bedarf es einer ungleich kleinern Ladung als [44] im entgegengesetzten Falle, in welchen letztern ein doppeltes Entgegenstreben da ist, nämlich von Seiten dess Nerven, der lieber nimmt, als giebt, und von Seiten der äussern Fläche des Muskels, welcher lieber mittheilt, als annimmt.

§ 36. Wenn also durch Hülfe der elektrischen Flüssigkeit die Zusammenziehungen und die willkürlichen Bewegungen auch in einem lebendigen unverstümmelten Thiere erregt werden, wie man glauben muss, nnd wenn, wie zu vermuthen ist, diese auf die leichteste Art bewirkt werden, wenn man die erwähnte Flüssigkeit von dem Hirn durch die Nerven auf die Muskeln treibt, so bedarf es also einer ungleich kleinern Kraft auf diese Art, als um sie in die Höhe zu treiben. Obgleich auch auf diese letzte Art eben die nämlichen Bewegungen hervorgebracht werden können, nur muss eine grössere Kraft, das heisst entweder ein schnellerer Lauf, oder eine grössere Menge elektrischer Flüssigkeit angewendet werden. Doch davon für itzt genug.

§ 37. Wir wollen lieber auf andere eben so merkwürdige, als interessante Beobachtungen [45] fortgehen. Die grosse Anzahl von Versuchen die ich vorzüglich mit Fröschen, lebendig, zerschnitten, auf andere Art verstümmelt, knrz nach ihrem Tode, oder Stunden, ja Tage lang darnach angestellt habe, gaben mir zum Nachdenken über die sogenannte Lebenskraft und thierische Elektrizität Anlass. Mangel an Zeit aber zwingt viele

davon wegzulassen, und mich nur auf jene einzuschränken, die sich als wahr bestimmen lassen. Von dem scheinbaren bis zu dem völligen Tode geht man durch vier Stuffen, oder so viel verschiedene Zustände, wovon jeder eine lange Daner hat.

§ 38. Meine Bemerknngen lehrten mich diese vier Stuffen oder Stadien des Todes zu unterscheiden. Eine jede hat ihre bestimmten Kennzeichen, und ist, wie gesagt, von einer ziemlichen Dauer. Die erste davon ist die Asphyxie oder der scheinbare, der 4te und letzte aber der völlige, gänzliche Tod, der an die Fäulniss gränzt. Die zwey andern, die zweyte und dritte Stuffe zeigen sehr lange verschiedene Grade von Lebenskraft. In der zweyten ist noch so viel Lebenskraft da, dass anfänglich durch die blosse Anwendung der gehörigen Metallbelegungen und ihrer Verbindungen die lebhaftesten [**46**] Muskelbewegungen hervorgebracht werden, und zwar kraft der eigenthümlichen thierischen Elektrizität, welche noch in den abgeschnittenen Gliedern vorhanden ist, und dann nach und nach an Kraft abnimmt. Verlöschet diese angeborne eigenthümliche Elektrizität. oder wird sie nnmerklich, so beginnet die dritte Stnffe des Todes, in welchen die Mnskeln nur dann einiges Gefühl und die gewöhnlichen Bewegungen verrathen, wenn man sie durch die künstliche Elektrizität reizt. Anfangs reicht der schwächste Grad derselben zu, nach nnd nach muss man die Kraft verstärken, und endlich kann man sie selbst durch starke Entladnng einer leidner Flasche in keine Bewegung setzen, und dann sind sie völlig todt.

§ 39. Ich würde zu weitläufig werden, wenn ich deutlich erklären wollte, in was eigentlich der Unterschied und die Kennzeichen jeder dieser Stnffen oder Stadien bestehe, wie viel man Hoffnung habe, ein in dem zweyten oder dritten Grade todtes Thier durch die bekannten Mittel ins Leben zurückznrnffen oder neue Mittel es zu versuchen ansfindig zu machen. Dies zu erklären und näher zu beleuchten, [**47**] behalte ich mir anf die kommenden Abhandlungen vor, die ich noch herausgeben will. Hier will ich nur noch sagen, dass der Tod langsamer vor sich gehe, als man glaubt, und dass jede dieser bestimmten und von einander unterschiedenen Stuffen ziemlich lange dauren, und sich in die Länge ziehen, freilich nicht immer gleich, da vielerlei Ursachen Einfluss auf ihre Daner haben.

§ 40. Vor allem bedingt schon einen grossen Unterschied die verschiedene Natur der Thiere, vorzüglich in Rücksicht

auf das Blut; denn Thiere mit kaltem Blute haben gemeiniglich ein zäheres Leben. Dann sind Thiere der nämlichen Klasse, des nämlichen Geschlechts mit mehr Lebenskraft begabt, als andere; selbst die Thiere einer nnd eben derselben Gattung sind durch ihr Alter, Konstituzion, ihre Kräfte u. s. w. von einander unterschieden.

§ 41. Was aber am meisten auf die kürzere oder längere Dauer eines jeden Grades der Lebenskraft wirkt, ist die Art des Todes, [**48**] welchen das Thier leidet, ob es nämlich jähe oder nach und nach stirbt.

§ 42. Darüber habe ich sehr viele Versnche angestellt, und noch mehrere zu machen mir vorgenommen, ich habe in Rücksicht auf Kraft und Daner jeder dieser Stuffen oder Stadien sehr viele Frösche untersucht, wovon ich einige vor Hungers sterben, oder sonst verschmachten liess; andere tödtete ich in lauen und wärmeren Bädern, andere starben unter starken Schlägen oder Verstümmlungen, noch andere durch wiederholte elektrische Schläge, und endlich manche dnrch einen einzigen solchen Schlag. Alle meine Bemerkungen darüber habe ich pünktlich in meinem Tagebuche aufgezeichnet, welches ich dem Publikum vorlegen werde, sobald ich, wie ich mir vorgenommen habe, diese Versnche auf andere Todesarten (vorzüglich durch verschiedene Luftarten*) und Gifte) und anf andere Thiere werde verbreitet haben.

[**49**] § 43. Ich ende nun diesen Anfsatz, den ich über die vornehmsten Resnltate der angestellten Versuche, über die thierische Elektrizität gemacht habe, und mache zugleich bekannt, dass ich, ohne die Nerven zu entblössen, ohne irgend einen Schnitt oder Schlag, nicht nur in einem lebenden, sondern auch gesunden und unversehrten Frosche, ohne Beihülfe einer fremden sondern bloss durch die Erweckung der eigenthümliehen Elektrizität, und der nöthigen Belegungen, eben die Zusammenziehnngen, Zncknngen, Krämpfe und Sprünge errege, welche man erhält, wenn man die Thiere auf Hrn.

---

*) Mit mephitischen Dämpfen habe ich es nur einmal versucht, und erstickte 3 Frösche in Schwefeldampf. Da fand ich, dass dieser Dampf das wirksamste Mittel sey, mit dem Leben auch allen Uiberrest von Lebenskraft zu tödten; so dass hart auf die Asphyxie der völlige Tod folget, und dass in wenigen Minuten die Zeichen der eigenthümlichen thierischen Elektrizität verschwinden und gleich darauf eine Unempfindlichkeit folget, welche die stärkste künstliche Elektrizität zu erwecken nicht im Stande ist.

Galvani's oder auf eine andere znbereitet. Noch mehr, auf meine Art kann ich, durch das Abändern der Belegungen diese Bewegungen anf alle Theile des Thiers verbreiten.

[**50**] § 44. Der Versuch ist folgender, man bindet oder befestiget auf irgend eine Art einen Frosch, ohne ihn jedoch zu verwnnden, auf ein Brettchen oder auf einen Tisch, lässt die Hinterfüsse in die Höhe halten und bekleidet was immer für einen Theil des Körpers (am besten das Rückgrad oder die Lenden) mit einem Blei oder Zinnblättchen, am schicklichsten sind dazn die Metallblättchen, deren sich die Vergolder zum falsch versilbern bedienen; dann legt man auf einen andern Theil, z. B. auf oder unter die Füsse oder Schenkel, ein Stück Münze, einen Schlüssel, Löffelstiel, oder was immer für eine Metallplatte, nur Zinn und Blei ausgenommen.[7]) Endlich verbindet man diese zwey Belegungen, indem man die bewegliche an den Saum der andern bringt, oder mittelst eines Messingdrates, welcher den Konduktor vorstellt. Und nun ergreifen den Frosch Zusammenziehungen beinahe in allen Gliedern, in einigen mehr, in andern weniger, besonders heftig aber bewegen sich die Mnskeln der Füsse.

§ 45. So wie diese Belegungen anf andere Theile des Körpers gebracht werden, so gerathen anch die Mnskeln des Unterleibes, [**51**] oder die Füsse, der Hals und der Kopf in krampfhafte Bewegungen, selbst das Rückgrad krümmet sich, als ob es von einem heftigen Tetanus ergriffen worden wäre.

§ 46. Diese nenen Versuche mit ganzen, unversehrten Fröschen, sind nngleich auffallender, als jene, welche mit abgeschnittenen Gliedern nnd entblössten Nerven angestellt worden sind. Aneh sind sie lehrreicher, wenigstens in der Hinsicht, dass sie nns dahin leiten, dem Gange und Stande der thierischen Elektrizität in lebendigen, gesunden und unversehrten Thieren gewissermassen auf die Spur zu kommen. Ich denke mir sie, als eine langsame Bewegung, die entweder durch einen Kreislauf oder eine einfache Oszillazion, oder aber (was ich mir noch nicht zu sagen traue) durch eine andere Bewegung der elektrischen Materie, zwischen den Muskeln und Nerven, und zwischen den andern festen nnd flüssigen Theilen des Körpers geschieht, weil alle, zwischen mehr nnd weniger, gute Leiter sind, keiner aber so vollkommen, dass er mit den Metallen verglichen werden könnte.

[**52**] § 47. Nimmt man an, die elektrische Flüssigkeit sey so lange dnrch den ganzen Körper des Thieres, und selbst in

dessen abgeschnittenen Gliedern in einer beständigen Bewewung als Lebenskraft in ihnen ist; setzt man voraus, dass es Wirknng der Organisation nnd der Lebenskraft sey, dass sie sich nnaufhörlich in ihrem Laufe in einigen Theilen, dnrch ihre Menge oder Kraft aus dem Gleichgewicht bringe, z. B. zwischen den Nerven nnd den Muskeln, oder zwischen den innern und äussern Theilen des letztern, und dass sie kraft ihrer eigenen Elastizität wieder eben so nnablässig strebe sich ins Gleichgewicht zn setzen, und sich durch so viel andere Kanäle, zarte Häutchen, Gefässe, Säfte, so wie, und so viel sie nur immer kann, ableite, jenachdem nämlich die leitende Kraft dieser Körper es ihr erlaubt; so glaubte ich die Ruhe in dem Thiere, das heisst in jenen Muskeln zu erhalten, die znm immerwährenden Wirken nicht bestimmt sind, ohne jedoch das natürliche harmonische Verhalten in der erwähnten Bewegung der elektrischen Materie zu stören, oder ihren Lanf zu ändern, oder ungewöhnlich zu beschleunigen, oder eine grössere Menge auf diesen oder jenen Theil des Körpers [**53**] zu häufen. Wenn diess geschieht, so gerathen die Muskeln in Zusammenziehnngen. Wie übt nnn unsere elektrische Flüssigkeit eine solche ausserordentliche Gewalt aus?

§ 48. Zweyerlei Ursachen, sagte ich, könnten den harmonischen Kreislauf, oder was immer für eine Bewegung der elektrischen Flüssigkeit zwischen den Organen des Thieres stören, nämlich innerliche und äusserliche Ursachen.

§ 49. Die innerlichen werden wieder auf zweyerlei Ursachen znrückgeführt: nämlich 1) auf die Wirkung des Willens, dieser beschleuniget, oder vermindert, oder hemmt den Lauf ganz, oder richtet ihn auf gewisse bestimmte Theile oder Muskeln, die er bewegen will.

2) Anf zufällige kranke Ursachen, welche die leitende Eigenschaft dieser oder jener Theile mehr oder weniger in Unordnnng bringen. Sie machen z. B. dass sie mehr oder weniger von Säften dnrchdrungen werden, als sie es seyn sollten. Diese Säfte sind mehr oder weniger zähe, salzicht, ölicht u. s. w. wodurch ihre Eigenschaft sich gehörig fortznbewegen verändert, [**54**] und die elektrische Flüssigkeit bestimmt und gezwungen wird, häufiger nnd schneller als gewöhnlich durch einige dieser Leiter zu fliessen, weil sie auf der andern Seite von andern gehindert wird.

§ 50. Die äusserlichen Ursachen sind wieder zweyerlei: 1) die Wirkung der künstlichen Elektrizität, welche durch ihre

Entladnng die elektrische Flüssigkeit widernatürlich in diesen oder jenen Theil des Thieres zwingt. Dahin gehören alle Versnche durch Funken nnd Schläge der künstlichen Elektrizität Znsammenziehungen zu erregen.

2) Zwey metallische nicht zu kleine und von einander getrennte Belegungen, welche mit einander verbunden werden, wovon wir eben gehandelt haben.

§ 51. Leichte mnsste ich nun begreiffen, dass solch eine Anwendung der Belegungen und des leitenden Bogens den Lauf der elektrischen Flüssigkeit nicht wenig beschleunigen, und eine grössere Menge derselben auf irgend einen belegten Theil des Körpers anhäufen müssten, weil troz dem Bestreben derselben von einem [**55**] Orte auf den andern zu fliessen, ihre Bewegung im natürlichen Zustande des Körpers, dennoch langsam ist, so dass sie nicht einmal Kraft genug hat, die zu den willkürlichen Bewegungen dienlichen Muskeln in Bewegung zu setzen. Das aus dem unterbrochenen Gleichgewicht entstandene Bestreben ist an sich selbst nicht gross, sondern vielmehr klein, überdiess muss diese Flüssigkeit alle dazwischen stehenden unvollkommenen Leiter durchdringen, dergleichen alle thierischen Substanzen, Muskeln, Nerven, Häutchen, Säfte n. s. w. sind, wovon keiner, wie ich schon gesagt habe, mit den Metallen verglichen werden kann. Die gehörigen Belegungen aber erlauben der hinlänglichen Menge elektrischer Flüssigkeit einen freien und schnellern Dnrchgang, bis die Muskeln erschüttert werden, in welche diese Materie dringt, und sie reizt. Die ganze Kunst besteht also darinn, der elektrischen Materie Gelegenheit zu verschaffen einen häufigern und schnellern Durchgang zu finden, welches sie zwar von selbst zu thun strebt, und auch wirklich ohne diese Hülfe, nur langsam und vertheilt dnrch alle innerlichen leitenden Theile, thut. Dieser plötzliche Durchgang wird durch äusserlich angebrachte gute [**56**] metallene Leiter, oder Belegungen, womit man diese Theile reichlich, wenigstens von einer Seite bekleidet, und durch einen leitenden Bogen hervorgebracht, welcher diese Belegungen untereinander verbindet, und welcher ganz aus Metall bestehen muss.

Wäre er nicht ganz Metall, und käme ein anderer, an sich selbst eben nicht schlechter Leiter, Wasser z. B. dazwischen, so unterbleibt die Wirkung. Die Ursache davon ist klar. Das Wasser ist kein so vortrefflicher Leiter als es die Metalle sind. Auch ist es zufälliger Weise kein besserer

Leiter, als andere saftige thierische Theile, vielleicht noch weniger leitend als jeder andere; folglich nicht tauglich weder eine grössere Menge elektrischer Flüssigkeit, noch mit einer grössern Gewalt von einem Theile des Thieres auf einen andern zu bringen, welches alle innerlichen Theile, Häntchen, Gefässe, Säfte u. s. w. als natürliche Leiter thun. Man muss sich also eines ganz metallenen nicht einmal durch Wasser unterbrochenen Bogens bedienen um einen solchen gewaltsamen Uibergang der elektrischen Flüssigkeit zu bewirken, welcher dann die Zusammenziehungen [57] erregt*). Diese Bemerkung, die ich gemacht habe, dass ein nicht ganz metallener Konduktor in diesem Falle nichts tauge, bestätigt meine Gedanken über das unterbrochene Gleichgewicht, und über die Bewegung der elektrischen Materie in den Theilen der Thiere.

§ 52. Diesen Gedanken zufolge, habe ich diese neuen Versuche mit lebenden und unversehrten Thieren, mit dem schon angezeigten Erfolge unternommen. Ich habe sie aber nicht [58] allein mit Fröschen, sondern auch mit Aalen und andern Fischen, mit Eidechsen, Molchen, Schlangen und was noch mehr ist, mit kleinen Thieren mit warmem Blute, Mäusen und Vögeln angestellt. Damit es aber mit den letztern gelänge, musste ich zum Theil die Haut in die Höhe heben. Ich zweifle also auch gar nicht an einem günstigen Erfolge mit grössern Thieren. Versuche mit diesen werden um so überraschender seyn, da diese Thiere dem Menschen, wenn auch nicht durch ihre äusserliche, doch durch ihre innerliche Struktur sehr nahe kommen**).

---

*) Eine sehr geringe Unterbrechnng, wenn nämlich die zwey Enden des metallenen Konduktors im Wasser sich fast berühren, hindert zwar die Wirkung nicht; anders aber ist es, wann zwischen diese zwey Enden, was immer für ein anderer, weniger leitender, flüssiger oder vester Körper kömmt, er mag so fein und dünne seyn, als er nur immer will. Angenehm ist es zu sehen, wenn z. B. das dünnste Papier zwischen diese Enden gesteckt, die unmittelbare Berührung verhindert, keine Zusammenziehungen erfolgen; sie erscheinen aber in dem nämlichen Augenblick, als man das Papier herauszieht, und die Enden des Konduktors sich berühren.

**) Versuche mit menschlichen Gliedern, mit abgenommenen Armen nnd Beinen sind schon von Hrn. *Galvani* und seinen Collegen angestellt worden, und der Erfolg hat der Erwartung entsprochen. Es wurden Znsammenziehnngen in den Muskeln, nnd Bewegungen in den Fingern nnd Zehen erreget, welches der belobte Hr. Verfasser in einem in der phys. Biblioth. eingerückten

Briefe an Hrn. *Carminati* im Giornale Fisico-Medico, Band I. 1792 beschreibet, nnd auch von andern bezenget wird. [59] Die Nerven aber wnrden von ihnen anf die gewöhnliche Art zubereitet, entblösst nämlich, isolirt, nnd mit Metallblättchen belegt. Davon aber ist hier nicht die Rede, sondern es ist darum zu thnn, anf meine Art eben diese Zusammenziehungen in den Gliedern hervorznbringen (sie mögen vom menschlichen oder thierischen Körper getrennt oder noch mit ihm verbunden seyn), ohne die Nerven zu entblössen, sondern nnr die Hant über dem Muskel anfzuheben, und ihn zu belegen, wie ich solches an kleinen Vierfüsslern nnd Vögeln ausgeführt habe. Das sind Versnche. denen ich einen ebenso grossen Erfolg vorherzusagen mich erdreiste.

[60]

Zweite Abhandlung

über die

Thierische Elektrizität.[8])

§ 1. In der vorhergehenden Abhandlung habe ich mich nur darauf eingeschränkt, einen allgemeinen Begriff der Versuche, die ich seit zwey Monaten (so lange ist es, dass ich mich in das Feld der Entdeckungen des Hrn. *Galvani* wagte) über die thierische Elektrizität angestellt habe, zu geben; da ich aber die vorzüglichsten Resultate nur obenhin berührt habe, so halte ich es nun für nothwendig, eine umständliche Beschreibung davon zu machen. Eben so, wie meine ersten Untersuchungen darauf gerichtet waren, die geringste künstliche Elektrizität zu bestimmen, die im Stande ist in Fröschen oder andern kleinen Thieren, eben die Bewegungen und Zusammenziehungen zu erregen, welche ihre eigenthümliche und angeborne in ihnen erregt, denn ich glaube, dass diese Untersuchungen [61] über alle jene Versuche, welche ich in der Folge über diese thierische oder organische Elektrizität anstellen kann und werde, ein grosses Licht verbreiten müssen, so erachte ich für nöthig diese jenen folgen zu lassen. Ich fange also auch damit an, dass ich eine gedrängte Beschreibung jener Versuche liefere, welche die schwache künstliche auf die erwähnten kleinen Thiere, Frösche, Eidechsen, Mäuse u. s. w. angewandte Elektrizität betreffen.

§ 2. Ich fing damit an, die Wirkung der künstlichen Elektrizität an einem Frosche zu versuchen, ich hielt ihn entweder bey dem Kopfe oder an einem Fusse und liess auf verschiedene Theile seines Körpers Funken vom Konduktor einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine oder von der Trommel eines Elektrophors fallen, diese Funken schwächte ich nach und nach, bis ich sie auf dem kleinen Grade der Kraft hatte, die

hinlänglich ist, den ganzen Körper zn erschüttern, und ein allgemeines Anfhüpfen zu erregen; von diesem stieg ich nun bis anf den kleinsten Grad der Elektrizität herab, welcher eine kaum merkliche Znsammenziehung eines Muskels oder einer Fiber bewirkt. [62] Der kleinste, am hellen Tage sichtbare Fnnke, der sich kaum durch ein leises Knistern verräth, erregte doch, wenn nicht gleich die erste Wirkung, nämlich Erschütterungen des ganzen Körpers, so doch immer die zweyte, nämlich örtliche Bewegnngen, die bald darauf allgemein wurden.

§ 3. Es ist nicht einmal nothwendig, dass so ein schwacher Funke einen Theil des Thieres nnmittelbar berühre, wenn das Thier nnr zwischen dem elektrisirten nnd einem andern metallenen Konduktor steht, welcher mit jenem entweder unmittelbar durch den Frosch, oder dnrch einen dritten, vierten u. s. w. Kondnktor verbnnden ist, nnd dass der Frosch ein Glied dieser Kette macht, damit die elektrische Materie ihren Weg durch ihn nehmen müsse.

§ 4. Auch ist es nicht einmal nothwendig, dass die Kette von Kondnktoren nnd der Frosch isolirt seyen, wenn sie nur anf dem Tische oder selbst auf dem Boden liegen. Ein jeder Fnnke welcher z. B. mit einer metallenen Kngel, die das erste Glied dieser Konduktorkette ansmacht, in der Entfernung von zwey Linien, von einer, ja selbst nnter einer, genommen wird, und [63] freilich sehr schwach ist, wird aber den Frosch nicht wenig erschüttern, vorzüglich, wenn er so zwischen zwey Konduktoren zu liegen kömmt, dass er einen mit dem Kopfe und den andern mit den Füssen berührt.

§ 5. Wie gesagt, ist es nieht nothwendig, diese Konduktorenreihe zu isoliren, sie können wo immer, nur in einer ununterbrochenen Verbindnng liegen. Die Ursache davon ist, damit die elektrische Flüssigkeit, es mag derselben viel oder wenig seyn, eben so plötzlich durch alle dringe, wie es bei den Entladungen dnrch Schläge geschieht, wo sie vorzüglich den bessern Leitern folgt. Zweytens läuft zur nämlichen Zeit ein Theil in die minder guten Leiter, den Tisch, nicht zu trocknes Holz, den Fussboden nnd daher wird eine stärkere Entladnng nothwendig um den zwischen metallenen oder andern guten Leitern liegenden Frosch stark zu erschüttern, wenn sie mit dem Frosche nicht isolirt sind, oder wenn sie es alle sind, bis auf den letzten, welcher auf alle Fälle mit dem Fussboden verbunden seyn muss, um eine vollkommene Entladung zu erhalten.

[64] § 6. Vortheilhaft ist es also die Kondnktoren, mit welchen man die Funken vom Kondnktor der Maschine nimmt, sammt dem an sie befestigten Frosch zn isoliren, welcher auf der andern Seite wieder durch einen guten, langen nicht isolirten Leiter, einen eisernen Drat oder Kette mit dem Fussboden kommnniziren mnss.

§ 7. Vor allem dient die Leidner Flasche den Frosch zn bewegen. Bedient man sich des Konduktors der Maschine, so mnss ein kleiner, wo nicht ein mittelmässiger Fnnke genommen werden. Bei der Leidner Flasche braucht die Entladung zu eben diesem Zwecke in keinen sichtbaren Funken überzugehen. Auch braucht der Frosch nicht die Flasche zu berühren, genug ist es, wenn er nur einen Theil des leitenden Bogens ausmacht.

§ 8. Es ist in der That wunderbar anzusehen, was für Erschütterungen die schwächsten Entladungen der kleinsten leidner Flaschen hervorbringen. Das wunderbare wird nur dadurch vermindert, wenn man bedenkt, dass die Ladung der leidner Flasche von einem Grade [65] die des Konduktors ebenfalls von einem Grad hundertmal an Menge der elektrischen Kraft übertreffe*).

[66] § 9. Die Quantität der elektrischen Materie in einer kleinen Flasche von wenigen Zollen Belegung mag so klein seyn, als sie will, wenn sie auch keinen sichtbaren Funken

*) Das habe ich in einer Abhandlnng bewiesen, welche nnter dem Titel: Von der Fähigkeit der elektrischen Leiter, und dem Schlage, welchen ein einfacher Kondnktor der leidner Flasche gleich zn geben vermag, in des 1ten Bandes 4 nnd 5ten Theile der »opnsculi scelti di Milano« 1778. nnd in des 13ten Bs. 1te Th. des »Jonrnal de Physiq.« Avril 1779. eingerückt ist. Ich fand damals, dass ein Qnadratzoll Belegung der leidner Flasche oder des franklinischen Vierecks einen zilindrischen Konduktor 6 Schnh lang nnd ½ Zoll im Diameter an Kraft gleich käme; der Dnrchmesser könnte anch grösser seyn, denn, wie ich dort beweise, trägt er wenig zn seiner Kraft, noch weniger aber die Länge bey. Ich fand, dass eine Flasche von 16 Zoll Belegnng beinahe einen 96 Schnh langen ½ Zoll im Diameter messenden Kondnktor von versilbertem Holze an Kraft gleiche. Wir theilten nnn zwischen diesem nnd jene eine elektrische Ladnng, nnd die Schläge waren so viel wir nrtheilen konnten, sich gleich. Die Flasche war nicht die beste, sondern zn dicke im Glase. Nach der Zeit habe ich gefunden, dass Flaschen von feinern Glase, nnd frischer Belegung die Kraft sehr erhöhen, denn 1 Zoll Belegnng glich nicht nur einem im Diameter 1 Zoll messenden 6 Schnh langen Kondnktor an Kraft, sondern selbst einem von 8–10 und mehr Schnh langen.

beym Entladen giebt und nur durch die empfindlichsten Elektrometer gemessen werden kann, ist dennoch hinlänglich, den Frosch zu erschüttern.

§ 10. Nimmt man zu diesen Versuchen einen ausgeweideten, auf Hrn. *Galvani*'s Weise zubereiteten Frosch, so dass seine Hinterfüsse nur durch die entblössten Schenkelnerven mit dem Rumpfe zusammenhängen, so erschüttert ihn eine noch geringere Kraft, eine Kraft des Konduktors, welche in keinen Funken übergeht, und, und eine der leidner Flasche, welche meinen Strohelektrometer nicht einmal auf einen Grad trennt. Die Ursache dieser so grossen [**67**] Empfindlichkeit liegt darinn, dass die ganze elektrische Materie gezwungen wird ihren Durchgang nur durch die Schenkelnerven zu nehmen.

§ 11. Es wird also nur ein sehr kleiner Zufluss elektrischer Materie erfordert, der im Körper, vorzüglich die Nerven aufs schnelleste durchdringe, um in den Muskeln die bekannten Bewegungen hervorzubringen. Ich sage aufs schnellste denn wird dieser Durchfluss durch mangelhafte Leiter verzögert, so gelingen diese Versuche sehr leichte gar nicht. Zu diesen Versuchen ist, wie ich schon mehrmal gesagt habe, die kleinste Entladung hinlänglich.

§ 12. Eine andere Art diese Zusammenziehungen zu erhalten, dörfen wir nicht vorüberlassen. Wenn man nämlich von einem grossen Konduktor einen starken Funken nimmt und ihn auf ganz andere Seite, als der Frosch mit den Konduktorn liegt, leitet. Ein Mensch z. B. nimmt den Funken, welcher ihn bis an die Fusssohlen erschüttert, unter welchen die elektrische Materie in den Fussboden dringt — der Frosch liegt unterdessen viele Schuh weit vom elektrischen Konduktor, und berührt, oder ist wenigstens [**68**] sehr nahe an einem guten unelektrischen, zum Theil isolirten Leiter, der bis auf den Fussboden reicht. So oft nun der Mensch den Funken nimmt, geräth der Frosch in Konvulsionen.

§ 13. Auf die Fragen, wie, und warum geschieht das, und was für eine elektrische Materie, wenig oder viel, durchlauft mit einemmal den Frosch? Jener wird leichte antworten, der die Wirkung der elektrischen Athmosphäre kennt. Sie ist die Flüssigkeit, welche von den untenstehenden Konduktoren auf den elektrisirten geleitet worden ist, diese Flüssigkeit kehrt auf dem nämlichen Wege durch alle diese auf dem Tische liegenden Leiter, zwischen denen der Frosch liegt, auf ihren alten Ort zurück, in eben dem Augenblick, als diese drückende

Athmosphäre, dnrch die Entlocknng eines Funkens, welcher sie ganz oder zum Theil entladet, zerstrenet wird.

§ 14. Es wäre nnnöthig, mich dabei aufhalten, die Wirkungen der so genannten Elektrizität des Druckes (Elettricità di pressione) zn erklären, und auf diesen Fall anznwenden. [69] Wer die Theorie davon kennt, dem brauche ich nichts mehr zu sagen; sie jenem begreiflich zn machen, der keinen Begriff davon hat, würde mich zn weit führen, denn ich müsste von den Grnndbegriffen anfangen. Sie ist einer der Grundsätze der Elektrizität, auf welchen sich der grösste Theil ihrer Erscheinnngen gründet. Durch sie allein, (nnr mnss man eine richtige Anwendung von der Wirknng der elektrischen Athmosphäre machen,) lässt sich das Laden und Entladen der isolirenden Platten, die Kraft der Spitzen, die Gesetze der elektrischen Bewegungen, das Spiel der Elektrophore, der Kondensatoren n. s. w. sehr geschickt erklären, wie ich es selbst*) in verschiedenen Dissertationen, nnd viele Andere in Zeitschriften gezeigt haben. Uiber die Erscheinung des Zurückflusses der elektrischen Materie in die unten liegenden [70] Leiter ins besondere hat Mylord *Mahon***) sehr viel Licht verbreitet; dieser zeigt, wie es kommen könne, dass jemand dadurch nicht nnr heftig erschüttert, sondern auch getödtet werden könne, und diesen Schlag nennet man einen znrückkehrenden Schlag (the returning stroke).

§ 15. Es darf nns also nicht mehr Wnnder nehmen, dass ein Frosch sich bewegt, der in der Nähe was immer für eines nicht isolirten, einige Schuhe von dem elektrisirten Konduktor der Maschine entfernten Leiters liegt, so oft ein starker Fnnke genommen, und anf einen ganz andern Weg geleitet wird, vorzüglich wenn dergleichen Leiter gross und ansgedehnt sind, und sich auf dem nämlichen Tische befinden. Ist in diesem Falle die Elektrizität stark, nnd wird sie anf einmal mit einem starken Funken entladen, so wird man zwischen den anf dem Tische liegenden, sich nicht berührenden Konduktoren Fnnken bemerken, ein klarer Beweis von dem Zurückflusse der elektrischen Flüssigkeit wie wir eben gesagt haben. Da nun eine geringe [71] Menge, die nicht einmal einen sichtbaren Funken

*) In den Abhandlungen über das Elektrophor, über den Kondensator, über die Kraft der Leiter etc. In den Briefen über die elektrische Meteorologie. In den auserlesenen Werken. Im Roziers Jonrnal. In der physischen Bibliothek etc.

**) Principles of Electricity. 1779. London.

giebt, (§ 7. nnd folg.) den Frosch bewegt, wenn nnr etwas davon von einem tüchtigen Kondnktor auf denselben geleitet wird, und da eine noch viel geringere Menge hinlänglich ist, den Frosch recht stark aufspringen zu lassen, wenn er ausgeweidet, und die Schenkelnerven, durch welche die Füsse noch mit dem Rumpfe zusammenhängen entblösst sind, (§ 10) so ist es also nnd vorzüglich in diesem Falle nicht notwendig, weder vom elektrisirten Konduktor eine so starke Ladung zu nehmen, noch ihn so nahe an die unten liegenden Leiter und den Frosch zu bringen, wenn diese nur nicht ausser dem Kreise seiner Wirkung liegen, die sich sehr weit über jene Entfernnng erstreckt, in welcher man einen Fnnken erhalten kann; man erhält z. B. einen mittelst grosser Metallkngeln in der Entfernnng von 1 Zolle; die wirkende elektrische Athmosphäre wird ihm in der Entfernung von 2 3 4 nnd mehr Schuhen erreichen, je nachdem nämlich der Kondnktor gross nnd tüchtig ist.

§ 16. Anf diese Art verlieren alle im ersten und zweyten Abschnitte der Abhandlnng [**72**] des Hrn. *Galvani* beschriebenen, und anf den zwey ersten Tafeln abgebildeten Versuche*) alles Uiberraschende. Zu bewnndern bleibt aber immer die so grosse Empfindlichkeit, vorzüglich der anf seine eigene Art zubereiteten Frösche und anderer kleiner Thiere, auf den elektrischen Reiz, durch welchen, so wie er sie durchdringt, alle Glieder in Bewegung gerathen.

§ 17. Nicht, als ob die grossen Thiere eben so empfindlich wären, da sie dnrch [**73**] eine so kleine Quantität elektrischer Flüssigkeit, welche nicht nur einzelne Glieder, sondern den ganzen Körper dieser kleinen Thiere erschüttert, nicht in Bewegung gerathen; sondern diese Flüssigkeit zerstreut sich zu sehr in ihren grossen Körpern, nnd wird auf so vielerlei

*) Ich will hiemit den Verdiensten des Hrn. *Galvani* gar nicht zu nahe treten, sondern nnr sagen, dass diese Versnche hier wenig oder in gar keine Rechnung kommen können. In ihrer Art bleiben sie zwar immer schön, und was noch mehr ist, sie haben ihn zu der grössern, zu der wunderbarern Entdeckung der angebornen thierischen Elektrizität geführt, die er so vortrefflich im 3ten Abschn. seiner Abhandl. bewiesen hat. Diesem habe ich schon in der vorhergehenden Abhandlnng das gehörige Lob beigelegt. Der Werth dieses Abschnittes des Hrn. *Galvani* wird immer vollkommen nnd nnangetastet bleiben, wenn man gleich die andern, als minder nützlich wegstreichen wollte, welches sie doch nicht sind, denn anch sie haben ihren Werth.

leitenden Wegen, welche ihr so viele Fibren, Gefässe, Säfte etc. darbieten, abgeführt. In kleinen Thieren hingegen, sind der Fibern weniger, durch welche sie zu gehen hat, und je enger diese Kanäle sind, die sie durchdringt, je mehr reizet und wirket sie auf dieselbe. Etwas ähnliches (§ 10) habe ich schon oben, ebenfalls in Rücksicht anf diese Thierchen gesagt, wo die elektrische Materie (wenn man einen oder ein paar Hauptnerven als die Schenkelnerven bei einem Frosche ihrer Bedeckungen entlediget, sie bloss lässt nnd isolirt) gezwungen wird, nnr dnrch diese ihren Lauf zu nehmen. Man schneide ein Stück von einem, zn willkürlichen Bewegungen dienenden Muskel eines grossen Thieres z. B. von den Gesässmuskel (glutens) der Länge nach ab, nicht dicker aber, als der Schenkel eines Frosches ist, nnd man wird sehen, dass diess Stück Muskel eben so gut in kramphafte Bewegungen gerathen wird, so wie [73] es von eben dieser schwachen Elektrizität dnrchdrungen wird.

§ 18. Ich rede hier immer von einem plötzlichen oder wenigstens genug schnellen Uebergange der elektrischen Flüssigkeit, nnd geht dieser in die Nerven oder Muskelfibern, besonders aber in die erstern (§ 10) so bringt auch die geringste Quantität dieser Flüssigkeit starke nnd heftige Zusammenziehungen hervor. Geschieht dieser Uibergang, häuft sich diese Materie irgend wo, oder wird sie zerstreut, so entstehen keine Bewegungen. Das geschieht auch, wenn man einen Frosch ganz oder zubereitet auf den Konduktor einer elektrischen Maschine hängt, und ihn mit derselben recht stark ladet, so bleibt der Frosch ruhig, bis nicht ein Funke genommen wird; vermehrt man aber die Elektrizität noch vielmehr, so erscheint irgendwo an den änssersten Theilen des Frosches, an den Füssen z. B. ein starker Strahlenbüschel. Eben das nämliche geschieht auch, wenn man den Frosch anf die Trommel eines Elektrophors legt, und sie wechselweise niedersetzt und aufhebt, wie sich nun die Elektrizität der Trommel durch das Nähern und Entfernen [75] ändert, so ändert sich auch jene des Frosches. Eben so wenn man den Frosch der Luft einer stark mit elektrischer Materie imprägnirten Stube aussetzt, in der die Fäden eines Cavalloschen Flaschenelektrometers an die Glasswand schlagen u. s. w.

§ 19. Der Uiberfluss oder Mangel der Elektrizität in der ganzen Beschaffenheit des Körpers, oder eine stockende Elektrizität oder das einfache Bad, wirkt also anf unser zuberei-

tetes, äusserst reitzbare Thiercheu nicht, wenigstens nicht so, dass sie die Empfindlichkeit und die Reizbarkeit der Muskeln bis zur Entstehung der Zusammenziehungen, erregte, welche auf den Uibergang eines sehr geringen Theiles elektrischer Flüssigkeit zu geschehen pflegen.

§ 20. Betrachtet man dies aufmerksam so sieht man, dass der elektrische Zustand der Athmosphäre wenig oder gar keinen Einfluss auf die thierische Oekonomie, wenigsteus in Rücksicht auf die Muskelbewegungen haben kann*). [**76**] Eben daher lässt sich wenig oder gar nichts von der Anwendnng der künstlichen Elektrizität als [**77**] elektrisches Bad in der Heilung der Krankheiten erwarten. Um irgend eine sichtbare Wirkung bei der Anwendung der mediziuischeu Elektrizität auf andere bekannte Arten zu erhalten, mnss man die elektrische Flüssigkeit plötzlich oder durch Schläge von einem Theile auf den anderu treiben, und ihren Lanf so richten, dass sie die Nerven und Fibren u. s. w. reitze. Man mnss gesteheu, dass die mediziuische Elektrizität troz der vielen Anhänger, die sie gehabt hat, und noch hat, die Fortschritte noch nicht gemacht habe, die sie zu versprechen schien**).

*) Die Kraft dieser natürlichen athmosphärischen Elektrizität anf die thierische Oekonomie und das Wachsthum der Pflanzen ist zn übertrieben. Ihr allen Einfluss anf die organischen Körper absprechen zn wollen, wäre ebenfalls zu viel. Am besten wird man zu rechte kommen, wenn man sagt, dass ihr Einflnss nnr sehr geringe sey. So fürchterlich mächtig sie anch in der obern Region, in den Gewitterwolken seyn mag, so ist sie doch selbst an den von Gebäuden oder Bäumen nicht beschatteten Orten einige Schuhe über der Erde kaum merklich. In Manneshöhe von derselben geben die empfindlicheren Elektroskope kanm ein Zeichen, und lässt sie sich ja fühlen, und misset 6. 8. 10 nnd mehrere Grade, (welches doch äusserst selten geschieht,) so ist dies nur die Elektrizität des Druckes die sich den Körpern änsserst langsam mittheilt. Was für eine Wirkung kann nnn eine so sanfte Elektrizität in den organischen Körpern hervorbringen? diess lässt sich leicht durch die Vergleichung derselben mit der lebhafteren künstlichen Elektrizität des Dnckes benrtheilen, welche ebenfalls keine Veränderung hervorbringt. Brächte man eine jede Sache auf ihren wahren Werth znrück, wie viele Wirknngen würden aufhören inadäqnaten Ursachen zugeschrieben zn werden, damit sie neuen Untersnchungen unterworfen, und besser dnrch andere Prinzipien erklärt würden. (S. meine angef. Briefe über die elektr. Meteorol. besonders den 4ten in einer langen Note.)

**) Unter so vielen Werken über die Anwendnng der Elektrizität anf die Arzneiknnde ist das vollständigste nnd verständigste, welches gleich weit von der Schwärmerei, als von der unmässigen

[78] § 21. Wir kehren nun zu unserem Frosch zurück, welcher ganz, vorzüglich aber dessen Füsse in Bewegung gerathen, bei dem plötzlichen Uebergange einer geringen Quantität elektrischer Kraft aus den Fussboden in die Füsse, oder umgekehrt. Diese Quantität kann ungläublich verringert werden. wenn die Schenkelnerven entblösst werden, und sie gezwungen wird, nur durch diese engen Kanäle ihren Lauf zu nehmen. Damit war ich aber noch nicht zufrieden, sondern ich wollte mit mehr Genauigkeit die Stärke der Elektrizität bestimmt haben, welche hinlänglich ist, den Frosch sanft oder stark auf diese oder jene Art, in Bewegung zu setzen. Um die Stärke auf ein gewisses Maass und gewisse Grade zu bringen, bereitete ich mir eigene Elektrometer (da die gewöhnlichen nicht mehr hinreichten) und Kondensatoren zu, da aber auch diese, die so schwache Ladung auf keine Art mehr anzeigten, so banete ich mir zu diesem Behufe einen kleinen Apparat, den ich kurz beschreiben will.

[79] § 22. Dieser Apparat besteht aus zwei ungefähr sechs Zoll langen Glassäulen oder Röhren, welche unten auf einem Brettchen bevestiget, und oben mit Pfropfen von Kork oder anderm weichem Holze versehen sind, um den Frosch, Eidechsen etc. mittelst einiger Nadeln daran befestigen zu können. Gemeiniglich bevestigte ich auf der einen den Kopf, oder einen Vorderfuss, auf der andern aber einen Hinterfuss, so dass der zweyte Hinterfuss zwischen den Säulen herabhieng; bei dem Durchflusse der elektrischen Entladung gerathen alle Glieder, selbst jene, welche sich nicht auf seinem Wege befinden in Zusammenziehungen. Bei der Wiederholung dieses Versuches, bevestigte ich manchmal beide Hinterfüsse an eine Säule; ein andermal steckte ich die Hinterfüsse an beide Säulen fest und liess den Rumpf herabhängen etc.

[80] § 23. Der auf diese Art aufgehangene Frosch, ist genugsam isolirt, so dass die ganze Menge der elektrischen Materie die man darauf leiten will, gezwungen wird, vereint durch den Körper zu fliessen, ohne auf andere Leiter geführt zu werden. Daher kömmt es auch, dass eine viel geringere Menge, als sonst hinreicht, die Glieder, welche sie durchdringt, in Zusammenziehungen zu versetzen. Es ist zwar wahr, dass

---

Zweifelsucht entfernt ist, folgendes Werk »de l'Application de l'Electricité à la Physique & à la Médicine«: par A. Paets van Troostwyk, & C. R. T. Krayenhoff, Amsterdam, 1788.

trockenes Holz im Vergleiche mit dem thierischen Körper dessen Theile alle voller Säfte sind, so wenig leitend ist, dass man wenig verlöre, wenn man den Frosch geradezu auf ein Brettchen heftete, welches nicht feuchte ist. Man verlöre beinahe gar nichts, wenn das Brettchen sehr trokken wäre. Ich wollte aber durch die zwei beschriebenen Glassäulen eine vollkommene Isolirung erhalten, die genau, geschwinde, und sicher sey.

§ 24. Dieser kleine Apparat hat den Vortheil, dass jede Art von Elektrizität, sowohl der Leidner Flasche als des einfachen Konduktors, sehr leichte durch das Thierchen geleitet werden könne.

[81] § 25. Ich komme nun auf das wichtigste dieses Apparats nämlich die angewandte elektrische Kraft genau zu messen, und auf vergleichbare Grade zu bringen. Auf einer anderen, mit Siegellak überzogenen, folglich gut isolirten Glasröhre eines Schuhes hoch, ist ein zwey Schuh langer und einen Zoll breiter Konduktor von versilbertem Holze wagerecht errichtet, auf dessen einem Ende ist ein Henly'scher oder Quadrantenelektrometer, der empfindlichste in seiner Art, aufgesteckt. Da wir diesen Quadrantenelektrometer in der Folge so oft werden nennen müssen, so wollen wir ihn der Kürze halber mit »Quadr. Electr.« anzeigen*).

§ 26. Auf dem andern Ende ist ein Flaschen Elektrometer mit dünnen Strohfäden errichtet; 16 Grade von diesen gehen auf einen des Quadrantenelektrometers. Wenn dieser also noch kein Zeichen einer Elektrizität giebt, [82] so trennen sich schon die Fäden des erstern. Wir wollen das Instrument Microelektrometer nennen, und abgekürzt Micr. el. schreiben.

§ 27. Dieses Flaschen-Elektrometer Micr. el. ist mit einem Schüsselchen versehen, welches dessen obern Theil (Kopf) umgiebt, und dazu bestimmt ist, die Elektrizität dichter zu machen, dadurch nämlich, dass man um die Hand ein Stück gewichsten und gefirnissten Taffts, wie einen Handschuh schlägt, und den Micr. el. während dass die Elektrizität hineindringt, hält. Der Grade, die man mittelst dieses Handschuhkondensators erhält, gehen gewöhnlich 50 auf einen des Quad. el. Wir wollen sie also 50 m. eines Grades oder Grade des mikro-

* Auch an diesem Elektrometer habe ich beträchtliche Verbesserungen angebracht, welche in den schon oft erwähnten Briefen über die Meteorologie enthalten sind. S. 1ten Brief.

elektrometrischen Kondensators nennen; verkürzt Gr. des Micr. Cond. (Condensators).

§ 28. Daraus erhellet, dass auf einen Grad des Quad. el. wie schon (§ 26) gesagt worden, 16 Gr. des Micr. el. gehen, diese gleichen wieder 800 Gr. des Micr. Cond. oder ein Grad von diesen ungefähr ist $\frac{1}{800}$ des ersten. Wenn z. B. die Ladung der leidner Flasche so klein ist, dass sie nicht einmal 1 Gr. des gewöhnlichen Micr. [**83**] el. misst, so erhalte ich durch Hülfe meines Handschuhkondensators 4. 6. 8. 10 Grade auf dem Micr. Cond. d. h. ebensoviel Funfzigstel eines Grades der Micr. el. und ebensoviel Achthundertstel eines Grades des Quad. el.

§ 29. Um gewissermassen einen Begriff der Stärke zu geben, welche mit den Graden der Elektrizität, der erwähnten Instrumente, deren ich mich dazu bediene, im Verhältniss steht — will ich erst von den starken Ladungen reden, welche wenige Flaschen aushalten. Ich bringe sie bis auf 70 Grade meines Quad. el. Diese 70 Gr. (Grade eines Zirkels, werden der Schwierigkeit wegen, den Pendul, wie er über 40 steigt, höher zu treiben, über 40 hinaus nach meinem Kalkul und meinen Verbesserungen auf 85 bis 90 berechnet*). Wenig Flaschen halten, wie gesagt, solch eine Ladung aus, ohne sich selbst zu entladen, oder zu zerspringen. Uiberdiess ist eine Ladung von 40 bis 50 solcher Grade nicht selten im Stande, eine Eidechse, einen Frosch oder Maus zu tödten, oder wenigstens ohnmächtig hinzustrecken.

[**84**] § 30. Die schwächste Elektrizität betreffend, welche eigentlich unsere Sache ist, habe ich zu sagen, dass, da man sie von einem einfachen, nur zwei Schuh langen Konduktor, durch das kleinste Funkchen erhält, welches nicht einmal knistert; welches in keiner Entfernung sondern nur durch die Berührung mit einem Metalle entlockt werden kann, und nur im dunkeln sichtbar ist, so muss diese Elektrizität 1 oder 2 Grad des Quad. el. oder 20 bis 25 Gr. des Micr. el. betragen. Wäre aber der Konduktor grösser, so könnte eine Elektrizität von 10 und weniger Gr. des Micr. el. hinreichend seyn.

§ 31. Je nachdem die Flasche ist, kann eine Ladung von zwei, von einem, selbst von weniger als einem Grad des Micr. el. hinlänglich seyn. Ein Fläschchen von 12 Zoll Belegung, dessen ich mich meistens bediene, muss bis auf 2 oder 3 Grade

*) S. ebenangef. Briefe.

geladen werden, um einen Funken mit einen ganz metallenen Leiter, der im Dunkeln kaum sichtbar ist, ziehen zu können. Unter 2 Graden bekomme ich gar keinen.

[85] § 32. Eine so schwache Ladnng, welche kaum die Fäden des Mikroelektrometers bewegt, kanm das kleinste Leinfädchen oder Stückchen Goldblättchen bewegt, verursacht mir weder auf der Nasen Spitze, noch auf dem Augenliede oder Zunge die geringste Sensazion wenn ich sie berühre. Um sie nnr merklich oder kaum empfindlich zu machen, mnss man sie verdoppeln und wenigstens anf 4 Gr. des Micr. el. bringen.

§ 33. Wie unendlich schwach müssen also diese Ladungen seyn, wenn sie dem Micr. el. unempfindlich sind, und man Znflucht zn dem Kondensator nehmen mnss; und mit diesem erhält man nur 4. 6. 8 Grade des Micr. Kond. welche 50stel eines Grades des Micr. el. und 800stel des Quad. el. (§ 27. 28) ausmachen. Was wir oben (§ 7) nnr angezeigt haben, wollen wir nun klar darthun: dass noch weniger von dieser Kraft nothwendig ist, (eine Ladung nur von 2 Graden des Micr. Kond.) um einen auf *Galvani*'s Art zubereiteten Frosch in krampfhafte Bewegungen zn versetzen. Man muss aber die Entladnng durch die Nerven auf die [86] Muskeln gehen lassen: umgekehrt gehen die Bewegungen nicht vor sich.

§ 34. Diess glaubte ich nothwendig, das Maass und die Grade der Elektrizität betreffend, vorausschicken zu müssen, um in der Beschreibung meiner Versuche verstanden zu werden, und damit, wenn andere allenfalls dieselben nachmachen wollten, sich an diese bestimmten Grade halten, und gleiche Resultate herausbringen könnten. Um nicht Langweile zu vernrsachen, will ich nur kurz jene Versnche anführen, bei welchen ich die Umstände fleissiger angemerkt, nnd die Grade der angewandten elektrischen Kraft genauer gemessen habe. Ich habe diese Versuche mit Fröschen in jedem möglichen Znstande angestellt, mit gesunden und frischen, mit schwächlichen, mit ganzen und geköpften, mit durchstochenem, zerschnittenem Rückenmarke, und mit auf andere Arten gemarterten; ich liess sie diese Martern entweder knrz vor den Versuchen, oder eine Stunde, auch einen ganzen Tag zuvor ausstehen; hatte ich sie nun auf diese Art mit der schwächern und stärkern künstlichen Elektrizität versucht, so bereitete ich sie erst auf die Art des Hrn. *Galvani* zn, nnd versuchte sie [87] aufs nene, nicht nnr um zu wissen, wie klein die künstliche Elektrizität seyn könne um die Muskeln in Bewegung zu bringen, sondern auch, ob sie

noch Zeichen der eigenthümlichen angebornen Elektrizität und in welchem Grade gebeu. Aus den vielen ähnlichen Versuchen einer Art, werde ich immer eineu auswählen, uud als Muster der Resultate aufstellen, mit welchen beinahe alle andereu analogen Versuche übereinkommen.

§ 35. Ich fange mit dem Versuche mit deu Fröschen voller Kraft und Leben an, welche von einem Funkeu des auf ungefähr 10 Gr. des Quad. el. elektrisirten cylindrischen Kouduktors durch den ganzeu Leib erschüttert wurdeu. Eine Elektrizität von 6—8 Gradeu brachten leichte Zusammenziehungeu in den Füssen, und eine von 4—5 Gr. uoch geringere Bewegungeu hervor. Denn es ist ziemlich eins, ob die Elektrizität des Konduktors durch Uibermaass oder durch Mangel entstehe? Ob die Ladung vom Kopf auf die Füsse, oder umgekehrt, oder vou einem Fusse auf den andern geleitet werdc. Doch weuu der eine Fuss an diese und der andere an jene Glassäule bevestiget ist und der [88] Kopf herabhängt, so verursachen schon 3 Grade des Quad. el. und selbst weniger*) (30 ungefähr des Micr. el.) einige Wirkung.

§ 36. Mit einem Frosche, dem man deu Kopf abgeschnitten, uud eine Nadel oder Drat ins Rückenmark gestochen hatte, giengen die Versuche, beinahe wie mit gauzem Frosche vor sich. Weuu ja eiu Unterschied da war, so bestund er nur darinu, dass die Zusammenziehungen durch eine geringere elektrische Kraft erreget wurden.

§ 37. Bedienet man sich der kleinsten leidner Flasche von ungefähr 3 Quad. Zoll Belegung (die aber immer die Kraft eines einfachen Konduktors 10 bis 12 mal übertrift) so reicht eine 4 bis 5mal kleinere Kraft, das ist, eine Ladung von 5 bis 6 Gr. des Micr. el. zu.

[89] § 38. 2 oder 3 Grade ebeu dieses Micr. el. bei einer Flasche vou 12 Quad. Zoll Belegung bringeu eben diese Wirkung hervor.

§ 39. Mit grösseru Flaschen gewinuet man wohl noch etwas, aber nicht viel; denn mit einer Flasche von 30 Quadratzoll Belegung braucht man um einen Frosch ganz zu er-

*) Da meine Microelektrometer mit dünnen langen Strohstreifchen nicht bis auf 30, sondern nur 20 höchstens 24 Grade zeigen und dann die Wand des Fläschchens berühren, so bediene mich bei dieser Gelegenheit eines andern mit kürzern und dickern Strohstreifchen; Ein Grad von diesen gleichet 4 Graden des erstern und $\frac{1}{4}$ Gr. des Quad. el.

schüttern 2 bis 3 Gr. des Micr. el. und mit einer von 96 Zoll Belegung einen oder etwas weniger.

§ 40. Hier muss ich noch anmerken, dass die kleinsten Zusammenziehungen manchmal nur in den Zehen und ein andermal in den Fibern des Schenkels sich blicken lassen. Wird die so äusserst geringe Elektrizität nm etwas vermehrt, so ziehen sich diese Bewegungen durch den ganzen Fuss, endlich gehen sie auch in andere Theile des Körpers über, in das Rückgrad, welches sich krümmet etc.

§ 41. Im ganzen gleicht die Empfindlichkeit eines ganzen oder nur geköpften Frosches, jener eines Frosches, den man durch eine durchs ganze Rückenmark gestochene Nadel getödtet [**90**] hat, und jener der vom Rnmpfe getrennten Hinterfüsse. Uiber eine Stunde lang naeh diesen Verstümmlungen dauert diese Empfindlichkeit beinahe in dem nämlichen Maasse fort, so dass die ganze Zeit hindurch durch die Elektrizität des einfachen Konduktors von 10 Gr. des Quad. el., die starken Zusammenziehungen, die geringeren aber von einer Kraft von 5 bis 6 Grad (§ 35) hervorgebracht werden. Die Ladung der kleinsten Flasche von 5 bis 6 Gr. des Micr. el.; und von 2 bis 3 Gr. des Quad. el. der Flasche von 12 Qnadratzoll Belegung (§ 37 und 38) thut die nämliche Wirkung.

§ 42. Ein so kleiner Funke, wie wir ihn (§ 31. 32.) beschrieben haben, bringt in den Gliedern unsers lebendigen oder todten Thierchens so eine grose Wirkung hervor. Aber sie wird zu nichts, wenn man sie mit der ungleich geringern Kraft vergleicht, die erfordert wird, um einen anf die Art des Hrn. *Galvani* zubereiteten Frosch in eben die Bewegungen zu versetzen.

§ 43. Hängt der hintere Theil des Frosches dnrch seine entblössten Schenkelnerven [**91**] noch am Rumpfe, so sind 2 oder höchstens 3 Gr. des Micr. el., nicht der leidner Flasche sondern nnr des einfachen Konduktors (§ 25) genug um denselben stark zu erschüttern. Bedienet man sich nur der Flasche von 12 Zoll-Belegung so ist 1 Gr. des Micr. el. hinlänglich ihn aufhüpfen zu machen; noch weniger, selbst nur 16 Gr. des Micr. Cond. (§ 24) reichen ebenfalls zu.

§ 44. Diese Elektrizität reicht zu, wenn man die Ladung oder den Strom derselben, vom Rückenmark oder Nerven auf die Schenkeln und Füsse, oder von diesen auf jene richtet. Leitet man sie aber nur von dem Rückenmark auf die Beine, so haben die Konvulsionen bei einer 4. 6 bis 8mal geringern

elekt. Kraft statt; d. i. durch 2 oder 3 Gr. des Micr. Cond. wenn man sich der Flasche nnd 2 bis 3 Gr. des blossen Micr. el. wenn man sich des Konduktors (§ 25) bedient.

§ 45. Was für Folgen lassen sich nun aus dieser durch tausend von mir mit der grössten Genauigkeit angestellten Beobachtungen bewiesenen Untersuchnng ziehen. Dass eine ungleich kleinere [92] elektrische Kraft erfordert wird Muskelbewegungen zu erregen, wenn man ihr die angezeigte Richtung giebt; doch davon habe ich schon in einem andern Aufsatze an den Hrn. D. *Baronio**) nnd auch in der vorhergehenden Abhandlung geredet.

§ 46. Wir wollen vielmehr zu dem zurückkehren, was unsere ganze Aufmerksamkeit verdient. Wie eine so unbegreiflich klcine Elektrizität, eine 40 bis 50mal geringere Ladung der leidner Flasche, als jene, welche bei der Berührung eines Metalls einen im dunklen kaum sichtbaren Funken geben kann; eine 20 nnd mehrmal geringere, die auf meinen so empfindlichen Elektrometern nnr einen Grad misst; eine so geringe Ladung, welche das äusserst empfindliche Bennctische Elektroskop mit feinen Goldblattstreifchen nicht einmal bewegt, im Standc sey die Füsse eines zubereitcten Frosches zu bewegen?

[93] § 47. Dieser thierische Elcktrometer, mit Recht kann man ihn so nennen, übertrifft alle andere noch so empfindliche Elektrizitätsmesser, durch das Anzeigen der schwächsten Ladungen. Eben so schwach geladene Flaschen, nntersucht man sie mit dem erwähnten Bennet'schen Elektroskop (der Kondensator nnr könnte allenfalls noch Zeichen geben) so findet man sie nicht geladen, der zubereitete Frosch beweist aber durch Zusammenziehungen das Gegentheil.

§ 48. Da eine so schwache künstliche Elektrizität, welche den feinsten Elektrometern unmerklich bleibet, so viel in den thierischen Organen vermag, so glaubc ich, ist es leicht zu begreifen, dass eine eigenthümliche den Organen angeborne, ebenfalls schr schwache Elektrizität, welche auf keinen Elektrometer wirkt, eben diese Zusammenzichungen hervorbringen könne.

§ 49. Eine solche Elektrizität, eine aus dem Gleichgewicht zwischen den thierischen Theilen gebrachte elektrische Flüs-

---

*) S. den Brief in diesem Heft Seite 3.

sigkeit, von einer solchen Stärke, dass sie unsere Elektrizitätsmesser bewege, ist so lange unmöglich, als die leitende [94] Fähigkeit der Fibren, der Gefässe und der Säfte bestehet. Die Natur hat daher die Nerven mit so viel Empfindlichkeit und die Muskeln, mit so viel Reizbarkeit versehen, damit die, auf jede andere Art unmerkliche elektrische Kraft, die Muskelbewegungen und Zusammenziehungen zu erregen im Stande sey. Eine ähnliche Erscheinung, die zum Beyspiel dienen kann, haben wir am Lichte, welches nicht des geringsten empfindlichen Druckes fähig ist z. B. auf seinem Wege nicht eine Feder oder einen andern leichten Körper bewegen kann, wirkt doch, und schadet den Seh-Nerven durch ein jähes starkes Licht, es wirkt selbst durch ein schwächers aber seltnes Licht ziemlich lebhaft auf ihn. Man darf sich also nicht wundern, wenn eine so kleine, schwache Quantität einer andern ätherischen, äusserst feinen, dem Lichte*) ähnlichen [95] Flüssigkeit, wie die elektrische ist, sich aller Nerven bemeistern, die vielleicht eben so oder weniger fein sind oder besser welche in Beziehung auf sie gleich reizbar sind, dass sie sich also derselben bemeistere, dieselben reizte und aufrege, und durch diesen Reiz die Bewegungen und Zusammenziehungen in den dazu gehörigen Muskeln hervorbringe.")

§ 50. Es wäre also, nur auf die Nerven und nicht auf die Muskeln, dass die elektrische Materie unmittelbar wirkte, ihre Wirkung wäre nur auf jene zu erregen eingeschränkt. [96] Sie bewegt sich durch dieses oder jenes Glied des Thieres, mit einer selbst den ausgesuchtesten Elektrizitätsmessern unmerklichen Stärke. Gerade dies zu glauben, zwingen mich eine Menge neu angestellter Versuche, welche ich sogleich anführen werde. Die erste und vorzüglichere Wirkung der

*) Ich will damit nicht gesagt haben, dass das Licht und die elektrische Flüssigkeit eins und eben dasselbe, sondern nur eine Modifikation desselben sey. Alle ihre Eigenschaften machen sie zu einer Flüssigkeit sui generis, und ihr Geruch und Geschmack zu einer aus Licht (und zwar aus den feinsten und dünnsten) zusammengesetzten Flüssigkeit. Die Analogie, die ich zwischen der Elektrizität und dem Lichte, der Wärme, u. s. w. finde, besteht darinn, dass beide zu der unendlich feinen, elastischen, nicht merklich schweren Luft- oder gazartigen Flüssigkeiten gehören, welche man ätherische Flüssigkeiten nennen könnte.

Meine Gedanken, die ich von der Natur und den Bestandtheilen der elektrischen Flüssigkeit habe, und die Resultate als Folgen verschiedener neuer Versuche nehme ich mir vor bei einer bequemern Gelegenheit zu erklären.

auf diese Art bewegten elektrischen Flüssigkeit besteht darinn, den Nervensaft in Bewegung zu setzen, und als Folge davon auch die Bewegungen der wirklichen Muskeln hervorzubringen.

§ 51. Dass diese und andere, vorzüglich aber die willkührlichen Bewegungen von der Wirkung und dem Einflusse der Nerven abhängen, darüber sind wir mit dem bessern Theil der Physiologen einverstanden. Halten wir uns dabei auf, so scheint es, als ob wir durch unsere elektrische Flüssigkeit, unsere thierische Elektrizität, etwas gewonnen hätten. Wenn wir aber ja etwas gewonnen haben, so ist es gewiss nicht so viel, als die ersten Versuche uns zu hoffen berechtigten. Es ist wahr, wir haben in dieser durch die Organisazion selbst in Bewegung gesetzten Flüssigkeit, ein eigenes die Empfindlichkeit der Nerven reitzendes, ein [97] unmittelbar wirkendes Mittel entdeckt, was freilich viel, aber lange nicht genug ist. Wir wären gern weiter vorwärts gegangen, auch schienen wir nahe an dem zu seyn, für gewiss annehmen zu können, dass die elektrische Flüssigkeit selbst, durch ihre eigenthümliche reizende Kraft die Muskeln bewege; woher auch ihre Zusammenziehungen entstehen. Da wir aber dahin gebracht wurden, ihr nur die Wirkung auf die Nerven zuzugestehen, wie weit blieben wir nicht hinter dem Ziele, zu welchen wir gekommen zu seyn glaubten. Wir erklären uns diesen vornehmsten Reiz der Nerven, wir wissen, woher er kömmt, aber wie er hernach die Muskelkraft in Bewegung sezt, das bleibt noch immer ein Problem.

§ 52. Wir waren nur froh, dass wir dies Problem gelösst, und Licht über eine Sache verbreitet hatten, welche noch so dunkel bei den Physiologen war; weil doch viele bei dieser nicht genug verstandenen Wirkung, oder diesem Einfluss der Nerven auf die Muskelbewegungen stehen bleiben musten; denn sie wusten sich nicht zu erklären, durch welchen Mechanismus oder Mittel sich die Wirkung [98] eines von seinem entfernten Ursprunge an, sanft gereizten Nerven auf ihn ganz, bis auf die äussersten Aeste verbreite; und wie sie von da auf die Muskeln übergehe und so heftige Zusammenziehungen hervorbringe. Wir glaubten dies durch unsere elektrische Flüssigkeit erklären zu können, welche von den Nerven auf die Muskeln überläuft und sie auf der Stelle reizt. Obgleich nun diese Physiologen die Irritabilität der Muskeln für eine ihnen eigenthümliche, ihnen angeborne Kraft hielten, so nahmen sie doch ihre Zuflucht zu einer Zwischenwirkung, oder Vehikel, durch

welches sie die Nerven auf die Muskeln wirken lassen konnten; dabei überliessen sie sich nun den Hypothesen. Sie schrieben nur den festen Theilen des Nerven diese Wirkung zu, nahmen ein Zittern, eine Vibration an, welche sich von einem Ende bis zum andern fortpflanzte; dann setzten sie (was dazumal, und izt noch der grösste Theil thut) eine gewisse feine Materie voraus, welche sie mit dem Namen der Lebensgeister belegten, gaben ihnen ein doppeltes Amt; äussere Eindrüeke nämlich, mittelst der Nerven ins Sensorium commune zu bringen, und die Muskeln willkürlich zu bewegen. Dies ist der grosse [**99**] Schritt, den wir, naeh Entdeckung der thierisehen Elektrizität, und den Ideen des Hrn. *Galvani*, des Urhebers derselben folgend, gethan zu haben glaubten. Wir nahmen an, das Mittel gefunden zu haben, durch welches die Nerven den Muskeln gebieten, oder wenigstens den Nervensaft, welchen man mit dem Namen der Lebensgeister belegen wollte, zu kennen. Dies war die elektrische Flüssigkeit, und ihre vorzüglichste Verriehtung sollte seyn, von den Nerven, ihren natürliehen Leitern, auf die Muskeln zu fliessen, und unmittelbar, als ein ihnen eigener natürlicher Reiz auf sie zu wirken. Wie sehön war dies alles nicht erklärt? Aber alle diese scheinbaren und verführerischen Erklärungen und selbst jene, welche dem ersten allgemeinen Anscheine angemessen sind, werden selten dureh eine fortgesetzte strengere Untersuehung bestättiget und nicht selten werden wir gezwungen rüekwärts zu gehen, und einen Theil der gemachten Einwürfe, wozu eine neue Entdeckung uns Hoffnung machte, fahren zu lassen*). [**100**] Dies war hier

*) Beyspiele dieser Art anzuführen wäre sehr leichte, ich begnüge mich ihrer nur zwey auszuheben und das erste von der Elektrizität herzunehmen. Was haben sich nicht Physiker und Aerzte von der auf die Medizin angewandten künstlichen Elektrizität versprochen, und was hat nun diese heilsame Kunst der beinahe verlassenen medizinischen Elektrizität zu danken? Das nämliche geschah beinahe mit der Entdeckung, die Respirabilität verschiedener Luftarten zu messen, man gab vor, durch die sogenannten Endiometer jede gute und üble Eigenschaft der Luft unterscheiden zu können; da doch alles nur dahinaus lief, mit diesem Instrumente nur eine einzige der Eigenschaften, derer die athmosphärische Luft fähig ist, nämlich die Grade der Respirabilität oder richtiger die Quantität der enthaltenden reinen Lebensluft zu messen. (Man sehe den von mir verfassten Artikel Eudiometer in dem von Hrn. *Scopoli* übersetzten Macquerschen chemischen Wörterbuche.) Dadurch, dass man schöne grosse Entwürfe aufgeben, die zu hochgespannten Segel wieder herab lassen muss, wollen wir

auch der Fall. So wie ich diese Entdeckung durch mannigfaltige neue Versuche beleuchtet hatte, musste ich endlich wahrnehmen, [101] dass das Spiel der elektrischen Flüssigkeit in den thierischen Organen, ungleich mehr eingeschränkt sey, als Hr. *Galvani* und ich mit ihm geglaubt hatte, und dass ihre unmittelbare Wirkung, (wie oben § 50. gesagt worden,) sich nur auf die Nerven erstrecke.

§ 53. Läugnen will ich aber dennoch nicht, dass diese Flüssigkeit nicht auch unmittelbar auf die Muskeln wirken, sie durch sich selbst reizen und in Zusammenziehungen versetzen könne. Eine starke Elektrizität, ein lebhafter stechender Funke, welcher den Muskel trift, kann und muss dies eben so gut, als jeder andere Reiz thun. Aber hier ist die Rede von der schwächsten thierischen, und den empfindlichsten Elektrometern unmerklichen Elektrizität, und diese, da sie die Muskeln nicht unmittelbar reizen kann, affizirt nur die Nerven [102] empfindlich, welche diese Wirkung auf jene fortpflanzen. Wie und auf welche Art aber, ist noch unbekannt.

§ 54. Ist es so, so ist der Lauf der elektrischen Materie auf die Muskeln selbst nicht einmal nothwendig, es ist genug wenn er auf einen oder mehrere Theile der Nerven geleitet wird, welchen diese Muskeln untergeordnet sind. Dass dies aber gerade hier der Fall ist, habe ich durch viele Versuche bewährt gefunden, wovon ich die beweisendesten anzuführen eile.

§ 55. Wird ein Fuss eines grossen Frosches vom Rumpfe getrennt, der Schenkelnerv der ganzen Länge nach herausgezogen und vom Fleische gereiniget, beleget man nun diesen oben am Ende mit Staniol, welchen man umbiegt, oder mit einem Zängelchen feste zusammendrückt, wiederholt man das nämliche ein wenig weiter unten, so dass diese zwey Belegungen nur einige Linien von einander abstehen, und dass noch unter der zweiten Belegung ein Theil des herausgezogenen Nervens entblösst bleibe; leitet man nun die schwächste, kaum einen funkengebende Ladung einer Flasche [103] auf

---

die kühnen Versuche neue Entdeckungen zu machen, nicht verdammen. Nein im Gegentheile wünschen wir jeden anzufeuern, seine Verstandeskräfte anzuwenden, neue Dinge zu entdecken, und die Gränzen der schon entdeckten zu erweitern: wenn man sich nur gefallen lässt, zurückzutreten, so bald man merkt, zu weit gegangen zu seyn, und alles auf seinen wahren Werth einzuschränken bereit ist.

diese Belegungen des Nervens, so dass nur der Theil des Nervens zwischen denselben von ihr durchdrungen werde, so gerathen doch alle Muskeln in Bewegungen und der ganze Fuss hüpft auf; so sehr auch, wie es offenbar ist, der Lauf der elektrischen Materie nur auf den Nerven, selbst nur auf einen kleinen Theil desselben eingeschränkt wurde, und die Muskeln und der Fuss ausser demselben waren. Es ist also nicht nothwendig, dass die elektrische Materie sich bis auf die Muskeln verbreite, und in dieselbe dringe, wenn nur sonst, jene Nerven, von welcher diese willkürlicher Bewegungen fähige Muskeln abhängen, gereizet werden.[10])

§ 56. Diese Versuche wiederholte ich an Thieren mit warmen Blute, an welchen sie leichter noch und ansehnlicher vor sich giengen. Ich entblösste und reinigte von allen Fleische den grossen Lenden-Nerven (ischiatico) eines Lammes, und schnitt ihn zwey Zoll über seiner Einsenkung in die Muskeln des Schenkels ab; nun schlug ich sehr feste zwey Streifchen Staniol um ihn, eines nämlich da, wo er abgeschnitten worden, und das andere einige Linien [**104**] oder einen Zoll unter den ersten, diese drückte ich recht feste mit einem Zängelchen an, oder schob ich sie beinahe bis zur Berührung an einander. Nun liess ich auf den kleinen Theil zwischen den zwey Belegungen dieses so zubereiteten Nervens eine schwache elektrische Ladung gehen, die auf die Muskeln des Fusses nicht wirken konnte, da sie sich nicht einmal auf den Theil des nackten Nervens unter der zweyten Belegung verbreiten kann; und dennoch gerieth der ganze Fuss in eine solche Bewegung, in welche er bei einer Belegung unten am Fusse und einer zweiten am Schenkelnerven, durch die Entladung einer leidner Flasche gesetzt wird.

§ 57. Diese Versuche habe ich auf verschiedene Art vielmal wiederhohlt, und gefunden, dass bei gleichen Umständen heftigere Zusammenziehungen erhalten werden, wenn die Glieder abgeschnitten sind, als wenn sie sich noch mit dem Leibe vereint befinden, und dass an vierfüssigen Thieren der Lendennerve, an Fröschen aber der Schenkel oder Armnerve (brachiale) am besten zu Versuchen taugen.

[**105**] Dasjenige, was, wie wir izt gezeigt haben, durch die Ladungen der künstlichen Elektrizität, selbst bei den Versuchen, wo sie nur auf einige Punkte des Nervens eingeschränkt wird, geschieht, dass nämlich die Bewegungen in den auch nur entfernt dahingehörigen Muskeln vor sich gehen;

eben das nämliche geschieht auch ohne der Anwendung dieser Ladungen, nur mittelst der blossen Belegungen und eines Bogenleiters, nnd sogar auch dann, wenn ihre Wirknng nur auf den Nerven oder einen kleinen Theil desselben eingeschränkt ist und sie verhindert wird, auf die Mnskeln Einfluss zu haben. Entblösst und isolirt man den Schenkelnerven eines Frosches oder den Lendennerven eines Lammes, und giebt man ihm, wie oben (§ 55. 56.) eine doppelte Belegnng, eine von Zinn, die zweite von Messing, besser noch von Silber (wir werden gleich sehen, was verschiedene Metalle vermögen,) und verbindet diese durch ein drittes Metall, oder bringt sie so nahe an einander, dass sie sich berühren, so entstehen alsogleich Erschütterungen im ganzen Gliede, welches noch nicht berühret worden, nnd worauf nnmöglich das elektrische Flnidnm nnmittelbar wirken [**106**] konnte, indem es nur znm theil, und zwar nnr nahe an den Nerven in Bewegung gesetzt wurde.

§ 59. Es ist dennoch nicht leicht begreiflich, wie sich diese elektrische Materie, diesen Nerven so nahe, von einem Orte zum andern, nnr mittelst der Belegungen nnd ihrer äussern Verbindung bewege, nnd warum unähnliche Belegungen erforderlich sind? Doch dies ist eine durch Versuche bestättigte Wahrheit, von welcher wir weiter unten reden werden.

§ 60. Ich will hier nnr noch anmerken, dass man selbst eine dieser Belegungen ersparen könne, nnd eine einzige von Staniol hinlänglich scy, wenn diese nur von einem Leiter von Messingdrat, oder einem andern Metalle, als die Belegnng ist, eine Gold oder Silbermünze u. s. w. und von einigen Punkten des nackten Nerven zur nämlichen Zeit berührt wird. Dann nimmt er die Stelle einer der Belegungen ein, die (wie im vorhergehenden § gesagt worden,) bis znr Berührung an einander gerückt worden sind. Hr. *Galvani* hat diesen Umstand, [**107**] dass man die Zusammenziehungen leichter errege, wenn man mit dem einen Ende des Metalldrats den Sanm der Belegung mit dem andern aber den entblössten Nerven berühre, zwar angedentet; aber er hat eine ganz andere Ursache davon angegeben. Die Ursache, die wir anführen, (da wir alles, auf das noch nicht genug deutliche, durch Versuche aber bestättigte Spiel nnähnlicher Belegnngen zurückführen,) ist die einzige, welche mit so vielen anderen Versuchen znsammenhängt, wie wir in der Folge sehen werden. Nur durch sie werden eine Menge Erfahrungen, die das Ansehen von Sonderbarkeiten haben nnd so viele

andere scheinbare Anomalien in eine Ordnung, und unter gewisse Gesetze gebracht.

§ 61. Ich kehre nun zu der übergrossen Leichtigkeit zurück, mit welcher eine noch so kleine Portion elektrischer Materie, die Nerven, wenn sie in dieselbe fliesst, aufregt. Wir werden nun leicht einsehen, warum ein auf Hrn. *Galvani* seine Art zubereiteter Frosch dessen Füsse nur durch die sorgfältig von allem Fleische gereinigten Schenkelnerven mit dem Rumpfe zusammenhängen; warum solch ein [**108**] Frosch durch eine so unendlich schwache künstliche oder auch eigenthümliche thierische Elektrizität in Bewegung gerathe: durch die Ladung einer leidner Flasche die kaum $\frac{2}{50}$ oder $\frac{3}{50}$ eines Grades meines Strohelektrometers (§ 44.) ausmacht. Lässt man das Thier ganz, so werden eben diese Muskeln der Füsse kaum durch eine 50mal grössere Ladung in Bewegung gesetzet, nämlich eine Ladung die auf 2 oder 3 Grade des erwähnten Elektrometers (§ 38.) steigt. Dadurch werden auch die Muskeln der Füsse ebenfalls von dem Strome der elektrischen Materie ergriffen, welche bis an die äussersten Ende der Füsse fort geht, der Frosch mag ganz oder auf die beschriebene Art zubereitet seyn. Was liegt auch daran, dass die Füsse nur durch die Schenkelnerven am Rumpfe hängen? Geht der ganze Strom nicht darnach dennoch ganz durch die erwähnten Muskeln? Es ist wahrscheinlich, dass der Durchgang in ganzen Thieren schneller ist, als wenn die entblössten Schenkel die einzige Verbindung der Füsse mit dem Rumpfe ausmachen; da wird er nur durch diese engen Kanäle gedrängt, diese, da sie nur unvollkommene Leiter sind, müssen den Durchgang hindern. [**109**] Aber gerade dadurch dass die elektrische Materie sich mühsam durch diese engen Nervenfäden dringt, und spannt, reizt sie dieselben lebhafter, als es geschähe, wenn man dem Frosche seinen Unterleib, und mit diesem alle Eingeweide und äusseren Bedeckungen gelassen hätte. In diesem Falle wird die elektrische Materie auf so viele Wege vertheilt, die Portion also, welche die, mit so viel andern Leitern umgebenen Schenkelnerven durchlaufen sollte, wird verringert, folglich sie weniger reizen, es sei denn durch eine verhältnissmässig grössere elektrische Kraft.

§ 62. Auch dies trägt noch dazu bei, zu glauben, dass der Reiz der elektrischen Materie vorzüglich auf die Nerven, derer er sich beym Durchlaufe bemeistert, wirke, und sodann, dass er die Bewegung der dahingehörigen Muskeln (§ 50) her-

vorbringe.[11]) Diese Meinung zu unterstützen, welche der des Hrn. *Galvani* ganz entgegengesetzt ist, die wir zwar anfänglich ebenfalls angenommen hatten und die die elektrische Flüssigkeit als den eigenthümlichen Reiz der Muskeln und ihrer Irritabilität betrachtet, dienen nicht nur die schon [110] angeführten Beweise, sondern viele andere aus neuen Versuchen und jüngst gemachten Entdeckungen fliessenden Argumente; wovon weiter unten.

§ 63. Man wird mir hier vielleicht meine eigenen, gegen das Ende der vorhergehenden Abhandlung (§ 43. u. folg.) angeführten Versuche entgegen stellen, wo ich ohne den Nerven zu entblössen, ohne die äussere Bedeckung wegzunehmen, selbst ohne die Haut nur aufzuschneiden in einem ganzen unversehrten Thiere also, bloss durch Anwendung der metallischen Belegungen und ihrer mittel- oder unmittelbaren Verbindung, Zusammenziehungen im ganzen Körper erregte. Hier scheint es, dass die elektrische Flüssigkeit, wenn sie von einem Ort auf den andern übergehet, vielmehr geradezu auf die Muskeln, als auf die Nerven wirke. Zu bemerken kömmt hier, dass die Zusammenziehungen und Muskelbewegungen besser vor sich gehen, und lebhafter werden, wenn die Belegungen an die stärksten Muskeln gebracht, und diese entblösst werden, um jene unmittelbar auf dieselben bringen zu können.

[111] § 64. Aber vielleicht sind nicht in allen Muskeln Nervenfäden verbreitet? vielleicht können sie sich der elektrischen Erschütterung entziehen? Oben (§ 55. u. folg.) habe ich bewiesen, dass ein Theil eines nackten Nervens, ohne Muskelfiber, als eine kleine Quantität elektrischer Flüssigkeit auf ihn geleitet wurde, und ihn reizte in dem ihm untergeordneten Gliede Bewegungen und Zusammenziehungen erregte, obschon diese Flüssigkeit an die Muskeln dieses Gliedes nicht gekommen war. Nun soll man beweisen, dass, wenn der Lauf der elektrischen Flüssigkeit durch einen Muskel oder einen Theil desselben geht, er nicht einen, der in denselben zerstreuten Nervenfäden berühre! Da sich dies nicht beweisen lässt, so bleibt mein Satz, dass die elektrische Materie nur die Nerven reize, aufrecht und unangefochten stehen.

§ 65. Noch mehr, jene, welche mir die Versuche der unmittelbaren Wirkung dieser Flüssigkeit auf die Muskelfibern entgegen stellen, können es dennoch nicht dahin bringen, diesen Versuch mit den Muskeln allein zu machen, und eine deutliche Zusammenziehung derselben [112] sehen zu lassen. Es bleibt

also wenigstens noch immer zweifelhaft, ob ein so schwacher elektrischer Strom, wie dieser ist, von welchem wir handeln, die Zusammenziehungen hervorzubringen im Stande sey. Zu Ende dieser Abhandlnng werde ich es durch dentliche Beweise (im vorbeigehen sey es gesagt) den Organen meiner Gegner fühlbar machen. Die Znnge soll sie fühlen, oder besser die Nerven, denn ihre Sache ist das Gefühl. Und das nicht nnr allein den elektrischen Strom, der sich in Form eines Pinsels ergiesst, nnd den bekannten kühlen Wind, an der Spitze der elektrisirten Konduktore hervorbringt, sondern anch noch jenen unsichtbaren Strom dieser Flüssigkeit, welcher dnrch die metallischen Belegungen und die Verbindung entstehet. Und das zwar nur dadurch, dass man anf die Zungenspitze ein reines gut polirtes Stückchen Staniol, und anf die Mitte derselben eine Silber- oder Goldmünze, oder irgend etwas anders von diesen Metallen lege. Schiebt man nun diese zwey Belegnngen bis zur Berührung an einander, so wird man ganz den nämlichen Geschmack empfinden, wie wenn man die Zunge an den Strahlenbüschel eines künstlich [113] elektrisirten Konduktors hält, wenn keine Funken übergehen. Also auch hier bringt der Uibergang der elektrischen Materie von einem Theile der Zunge auf den andern, durch die blosse Anwendung zweyer Metalle und ihre Verbindung ganz die nämliche Sensation, eben diesen säuerlichen, ziemlich lebhaften Geschmak, ohne irgend eine Zusammenziehung, anf der sonst so empfindlichen und reizbaren Zunge hervor. Dies beweisst nnn hinlänglich, dass in einem so wie im andern Falle die Nervenfäserchen und ihre Endspitzen, und nicht die Mnskelfibern der Zunge, von der elektrischen Flüssigkeit affizirt werden, welche sie nur im Durchdringen sanfte reizt.

§ 66. In solchen Versuchen werden nicht Nerven der Bewegnng (in der Spitze und der ganzen vordern Hälfte der Zunge giebt es keine) sondern die Nerven der Empfindung, von der elektrischen Flüssigkeit gereizt; daher entstehet in der Zunge das Gefühl des Geschmaks, und es entstehen keine Bewegungen, keine Znsammenziehungen, obgleich die Zunge sehr geschickt dazn ist, aber durch die Wirknng anderer Nerven, die in der Znngenwurzel ihren Siz haben. Um nun diese [114] Zusammenziehungen in den Muskelfibern der Znnge hervorzubringen, dachte ich, ich müsste die elektrische Wirkung anf den untern Theil der Znnge leiten. Wir rissen also einem Lamm die ganze Zunge aus, und belegten einen

der vorzüglichern Nerven der Zungenwurzel, oder auch nur das in der Nähe des Nerven liegende Fleisch; eine zweyte Belegung brachten wir um die Mitte der Zunge an, und verbanden nnn beide mittelst eines Bogenleiters, und erhielten die gehoften Zusammenziehungen.

§ 67. Es ist also ausgemacht, dass die Wirkung immer dem gereizten Nerven und seiner natürlichen Verrichtung entspreche; dass nicht eher eine Sensation, eine Bewegnng folge, als bis der Nervensaft von der eindringenden Elektrizität in Wirkung gesetzt wird; dass also diese Muskelbewegungen und Zusammenziehungen eine unmittelbare Folge dieser Wirkung der Nerven und der elektrischen Flüssigkeit sind, welches wir von §. 50. an bis hieher zn beweisen gesucht haben, und welches die Folge unserer Versuche bestättigen wird. Wären die Muskeln so beschaffen, dass dieser kleine Uibergang der Elektrizität sie nnmittelbar reizte, [**115**] warum sollte er nicht alle jene Muskeln erschüttern, welche mit der Reizbarkeit begabt, und folglich der Erschütterung und der Bewegung fähig sind? warum sollte er auch da nicht erschüttern, wo die Nerven, oder solche Nerven, welche von der Natur zur Bewegung bestimmt sind, fehlen? Aber nein: dieser äusserst schwache Uibergang (wir meinen hier nicht die starken künstlichen Entladungen, die einen Funken geben u. s. w., und welche, wie wir schon (§ 53.) angeführt haben, die Muskeln auch ohne Dazwischenkunft der Nerven erschüttern können) ist hinreichend, die Empfindlichkeit der Nerven zu erregeu, aber nicht durch sich selbst die Irritabilität der Muskelu zu reizen, so dass sie sich zusammen ziehen.

§ 68. Wenn also auch schwächere und stärkere Zusammenziehungen und Bewegungen in den Gliedern der Frösche, oder anderer lebendigen oder todten Thiere erregt werdeu, und dies zwar entweder durch sehr schwache Entladungen der künstlichen Elektrizität, wie wir es zu Anfange dieser Abhandlung beschrieben haben, oder durch die blosse Anwendung der gehörigen Metallbelegungen [**116**] und der zwischen ihnen angebrachten Verbindung, auf die § 63. angegebene Art, so sind es nicht die Muskeln, wie ich eine Zeit lang glaubte, sondern die in denselben zerstreuten Nerven, welche vorzüglich affizirt werden, und diese gereizte Nervenkraft muss dann, wie ich es behaupte, die Mnskeln in Bewegung setzen. Endlich habe ich bemerkt, dass die Lage sowohl, als die grössere oder kleinere Ausdehnung der Muskelbewegungen

nnd die stärkere oder geringere Leichtigkeit sie zu erregen, sich nach der Entfernung der Belegnngen von den Nerven, welche Einfluss auf diese Glieder haben, richten. Folglich, wenn anch die Hant und andere Bedeckngen nicht geradezu hindern, (bei einigen vierfüssigen Thieren und Vögeln hindern sie wirklich anf eine Art, dass man sie, wo nicht ganz, doch znm Theil aufheben, oder wegränmen mnss, wie ich es weiter nnten erklären werde) so schaden sie doch immer dem Erfolge des Versuchs. Selbst dann, wenn diese Bedeckungen bis aufs nakte Fleisch weggeräumt werden, nnd man die besten Belegungen anwendet, so erscheinen dennoch die Znsammenziehnngen nie so stark, wie an Fröschen, deren Schenkelnerven auf *Galvani*'s Art zubereitet sind.

[117] § 69. Nicht, als ob desswegen die Bewegungen der Thicre, an welchen man diese neue Art des Versuches angewendet hat, nicht stark genug wären, nein, sie sind es, und selbst vielmal sehr stark. Auch sind sie nicht schwer, sondern vielmehr sehr leicht zn erhalten. Da sie keine Znbereitung, keine Zerschneidung (Dissektion) wie die des Hrn. *Galvani* fordern, so sind sie auch leichter noch zn machen, und fallen schöner und annehmlicher aus. Was aber die Leichtigkeit die Mnskeln in Bewegung zu setzen, und die Stärke dieser Bewegungen selbst betrift, da steht meine Art weit hinter Hrn. *Galvani* seiner. Besonders muss ich hier anmerken, dass, wenn man die Nerven bedeckt lässt, vier Bedingnngen zum günstigen Erfolge erfordert werden, wovon aber keine nnnmgänglich nothwendig ist, sobald man die Nerven entblösst oder isolirt.

§ 70. Erstens muss das ganze Thier an zwey verschiedenen Orten nnr mit ganz metallenen Bogenleitern berühret werden. Im Gegentheil können an einem znbereiteten Frosche, in den ersten Augenblicken, wenn die Lebenskraft noch in ihrer ganzen Stärke vorhanden ist, diese [118] Bewegungen dadurch erreget werden, dass man mit der einen Hand die Füsse, und mit der andern Hand, oder selbst nnr mit einem weniger vollkommenen Leiter, Holz z. B. oder Elfenbein, das Rückgrad oder die Nerven berührt.

§ 71. Zweytens muss diese zweifache Berührnng über das ganze Thier an beiden Stellen ziemlicher massen ausgedehnt seyn, oder es müssen zwey Metallbelegnngen angebracht werden. Im Grunde zwar ist eine schon hinlänglich, wenn der Kopf des Konduktors sich in eine Kugel endiget, nnd das Thier

folglich in mehr als einem Punkte berühret. Solche Belegungen, oder eine solche ausgedehnte Berührung des Konduktors, wenn sie gleich den Thieren mit entblössten Nerven zuträglich sind, erscheinen desswegen noch nicht nothwendig, wenigstens so lange nicht, als die Lebenskraft noch merklich stark ist.

§ 72. Drittens müssen diese Belegungen aus verschiedenen Metallen bestehen: eine aus Bley oder Zinn, die andere aber aus Gold, Silber, Messing oder Eisen. Die Verschiedenheit [119] der Metalle wird unumgänglich erfordert, und wäre es ja, dass beide aus einerley Materie bestünden, so muss wenigstens ein grosser Unterschied in die Art, sie anzulegen, gebracht werden. Z. B. beide wären von Gold, so muss die eine ein dünnes Goldblättchen seyn, welches wie aufgeleimt anliegt, und die zweyte darf nicht biegsam, und vielmehr rauh als glatt seyn. In diesem bestehet der ganze Kunstgriff Zusammenziehungen in ganzen Thieren zu erregen. Die eine Belegung muss also aus einem weichen, als Bley oder Zinn, die zweyte aber aus jedem andern Metalle bestehen. Am besten dient dazu Geld oder Silber, weniger gut aber ist Messing und Eisen. Bei einem zubereiteten Frosche, wo die Belegungen nicht geradezu nothwendig sind, kann entweder nur eine Belegung, oder auch zwey von einem und ebendemselben Metalle, z. B. zwey Münzen, oder Staniolblättchen, angebracht werden. Es erfolgen die gewöhnlichen Bewegungen und Zusammenziehungen dennoch, wenn die Lebensgeister nicht zu sehr geschwächt sind. Und wäre dies der Fall, so darf man nur seine Zuflucht zu den unähnlichen Belegungen nehmen, [120] und verschiedene Metalle anlegen, oder diese auf eine verschiedene Art anwenden *)

---

*) Hr. *Galvani* selbst bemerkt, dass die Verschiedenheit der Metalle sehr viel Einfluss habe; dass die Bewegungen leichter und lebhafter vor sich gehen, wenn der Leiter, womit man die Muskeln berührt, von Eisen oder Kupfer, der andere aber, den man an die Nerven des auf seine Art zubereiteten Frosches bringt, von Zinn oder Silber sey.

»Als etwas besonders (s. 41. S. seiner Abhandl.) kömmt hier noch anzumerken, dass die Verschiedenheit der Metalle, vorzüglich bei schon hinschwindenden Kräften zubereiteter Thiere, zur Erhaltnng sowohl, als auch zur Vermehrung der Muskelbewegungen sehr viel vermöge, und zwar ungleich mehr, als eine metallische Substanz allein. So z. B. ist der Bogenleiter, das Häkchen und die leitende Scheibe von Eisen, so geschiehet es sehr oft, dass die Zu-

[121] § 73. Viertens endlich muss der ganze Bogen, und nicht nur der Theil, mit welchen [122] man das nakte Fleisch berührt, von Metall seyn. (§ 70.) Wird er unterbrochen, wenn gleich nicht durch einen elektrischen, oder schlechten Leiter,

---

sammenziehungen ganz ausbleiben oder äusserst stark abnehmen. Ist aber nur eins dieser Stücke von Eisen, die andern aber von irgend einem andern Metalle, als Kupfer oder Silber, (lezteres scheint uns vor allen andern der geschickteste Leiter der thierischen Elektrizität zu seyn) so werden nicht nur die Zusammenziehungen auf der Stelle und stärker erregt, sondern sie dauern auch weit länger. Das nämliche geschiehet, wenn man die leitende Scheibe an zwey verschiedenen Orten, mit verschiedenen Metallblättchen von Zinn z. B. und Kupfer überzieht, es werden die Zusammenziehungen ebenfalls ungleich lebhafter, als wenn man sich nur eines Metalls, wenn es gleich Silber selbst wäre, bedient hätte«.

Eben dasselbe wiederholet der belobte Hr. Verfasser in verschiedenen Stellen seines Werkes. Meine Bemerkungen stimmen also mit den seinigen überein. Ich habe nur noch anzumerken, dass, wenn die Konvulsionen in seinen zubereiteten Thieren an Lebhaftigkeit abnehmen, wohl gar manchmal aufhören, wenn die Belegungen von einerley Metalle sind; so sind sie auf meine Art in ganzen Thieren, oder jenen, wo ich nur die Muskeln entblösse, die Nerven aber bedeckt lasse, gar nicht zu erregen. Und geschiehet es ja, dass sich eine leichte Bewegung blicken lässt, so mag es wahrscheinlich nur daher kommen, dass das Metall, ob es gleich einen gemeinschaftlichen Namen führt, doch nicht ganz das nämliche ist; oder ist irgend ein Unterschied im Schlagen, oder in der Dichtigkeit da, oder ist eines reiner und glätter als das andere, oder liegt eine der Belegungen besser an, als die andere.

Ich habe mich dann bestrebt, den Unterschied der dem Erfolge der Versuche günstigen Metalle näher zu kennen, jener Metalle nämlich, die auf die leichteste Art lebhafte Konvulsionen in den Thieren erregen; und habe gefunden, dass man die Metalle sehr füglich in drey Klassen theilen könne. In die erste kommen das Zinn und das Bley zu stehen; in die zweite das Eisen, Kupfer und Messing; in die dritte endlich das Queksilber, das Gold, Silber und die Platina. Zu den Belegungen taugen am besten die Metalle der ersten und dritten Klasse, d. h. Bley und Zinn mit Gold oder Silber, vorzüglich das leztere. Eisen, Kupfer, Messing kann mit Bley und Zinn, aber nicht mit Gold und Silber zu nnähnlichen Belegungen gebraucht werden. Daraus erhellet, dass die mittlere Klasse sich näher an die obere, als an die untere anschliesse, welche leztere weit von der mittleren getrennt, allein stehen bleibt. Die geringeren Unterschiede der Metalle einer Klasse, zwischen dem Silber und Gold, oder zwischen Eisen und Messing, oder Zinn und Bley, habe ich noch nicht gehörig bestimmen, noch auch den Halbmetallen, dem Zink, Spiesglas, Wismut u. s. w. den bestimmten Plaz anweisen können. Diese Untersuchungen, die von der grössten Wichtigkeit sind, spare ich auf eine gelegenere Zeit auf.[12]

als z. B. ein feines Papier, sondern nur durch eine Schichte Wassers, welches doch immer ein guter Leiter ist, wenn es gleich [**123**] den Metallen weit nachstehet, so unterbleiben die Zusammenziehungen im ganzen Thiere, wie wir es schon gegen das Ende der vorhergehenden Abhandlung erklärt haben. Nichts destoweniger gehen sie mit den Thieren, welche auf des Hrn. *Galvani* seine Art zubereitet sind, vor sich, und bedient man sich eines Bogenleiters, so kann man sogar Papier, Tuch, oder ein fenchtes Leder, ohne den Zusammenziehungen [**124**] zu schaden, dazwischen stellen. Auch verschlägt es nichts, wenn eine oder mehrere Personen, oder selbst Tische nnd der Fussboden in die Konduktorkette aufgenommen werden, wenn nur sonst noch volle Lebenskraft da ist. Dieses haben wir schon in dem Schreiben an den Hrn. Dr. *Baronio* und in dem ersten Aufsatze über die Entdeckung des Hrn. *Galvani* gesagt*).

§ 74. Aus allem diesem lässt sich leichte begreiffen, um wie viel leichter Muskelbewegungen erregt werden müssen, wenn die Nerven, welche sich in die Muskeln senken, entblösst und isolirt werden, als wenn sie zwischen dem Fleische und nnter den Bedeckungen, und der Hant eines ganzen Thieres liegen bleiben. Diese Haut und Bedeckungen betreffend, muss ich noch anführen, was für Hindernisse sie der Erregung der Zusammenziehungen entgegen setzen.

[**125**] § 75. In den Fröschen, Aalen und andern Fischen, mit welchen ich die Versnche eher vornahm, als mit Thieren mit warmen Blute, machen die Bedeckungen nur in dem Fall einen Unterschied, wenn die Haut zu trocken ist, dem aber durchs Benetzen abgeholfen wird. Ganz anders aber ist mit den vierfüssigen Thieren und den Vögeln. So lang ich die Bedeckungen an ihnen ganz liess, gelang mir kein Versuch; ich musste immer einen Theil der Haut wegräumen, wenigstens da, wo ich die Belegungen anbringen wollte. Daher scheint es, dass die Dicke der Haut sowohl, als die geringe Leitungsfähigkeit derselben, von dem Fett herkomme, welches der elektrischen Materie den freyen, schnellen Lauf ungern gestattet, der erforderlich ist, nm Eindruck auf die Nerven zu machen, und sie bis zu Muskelbewegungen zu reizen. Diese Bewegungen

*) S. die erste Abhandlung im 2ten Vierteljahre im 2ten Th. des Giornale fisico. (Dieses Heft, Seite 3.)

bleiben also so lange aus, bis diese Bedeckungen zwischen den Muskeln und ihren Belegungen aus dem Wege geräumt sind. Folglich ist es nothwendig, dass die Bedeckungen, wo nicht ganz, doch zum Theil hinweggeschaft, und die Belegungen auf die Muskeln selbst, oder auf das lebendige Fleisch gebracht werden.

[126] § 76. Die Art, auf welche mir es am besten gelungen ist, war, die Haut an den Vögeln und vierfüssigen Thieren längst des Rückgrads aufzuschneiden*), sie auf beiden Seiten auseinander zu ziehen, und das Fleisch, wie gewöhnlich, mit Staniol zu belegen; hernach schnitt ich einen andern Muskel, z. B. den Fussmuskel auf, und steckte eine silberne Münze, oder sonst eine silberne Platte hinein. Will man nun kraftvolle Zusammenziehungen, Bewegungen, und Aufspringen des Fusses sehen, so darf man nur diese zwey Belegungen, entweder durch die gegenseitige Berührung, oder durch ein drittes Metall verbinden.

§ 77. Auch den Molchen und Eidechsen musste ich, wenn nicht ganz, doch zum Theil die Haut abziehen, sonst verfiengen auch die besten Belegungen nichts, und die Zusammenziehungen erschienen entweder gar nicht, oder sie waren kaum merklich.

§ 78. An abgezogenen Fröschen gehen die Zusammenziehungen leicht und sehr stark vor sich; aber, wie ich schon (§ 75.) gesagt habe, man erhält eben diese Wirkung mit Fröschen, [127] denen man die Haut nicht abgezogen, (denn sie ist sehr dünne und feucht, und bedeckt unmittelbar die noch feuchtern Muskeln) sondern ganz und unversehrt gelassen hat, vorzüglich, wenn das Staniolblättchen gut und veste angedruckt, und mit einer andern Silberbelegung verbunden wird, welche man ebenfalls an den berührten Theil druckt. Das Nämliche gilt auch von den Schlangen, wenigstens von jener Art, welche man in Italien Smiroldo nennet, wovon ich eine erwachsene zum Versuchen bekam.

§ 79. Selbst die Fische, mit welchen ich die Versuche anstellte, waren mit ganzer Haut beinahe eben so empfindlich; durch das Abstreiffen der Schuppen gewannen die Zusammenziehungen mehr Kraft, dies schien aber nicht zu geschehen.

---

*) Diese Versuche habe ich jetzt auch mit grossen Thieren angestellt, Schafen, Kälbern u. a. und sie gelingen ebenso gut wie bei den kleinen und von mittlerer Grösse.

wenn man ihnen die Haut abzog. Auch bei den Aalen schien dies der nämliche Fall zu seyn. Wenn diese mit ganzer Haut gehörig belegt worden, wie ich (§ 72.) erklärt habe, vorzüglich in der Nähe des Schwanzes, so ziehen sie sich znsammen, und bewegen sich auf eine wnnderbare Weise in dem [**128**] Augenblick, wo die Verbindung zwischen den Belegungen hergestellt wird.

§ 80. Da ich nnn alle erforderlichen Bedingnngen nnd die verschiedenen, den Versuchen dieser Art mehr oder weniger günstigen Umstände angeführt habe, so will ich die Versnche, um das Nachahmen und ihren Erfolg zu erleichtern, ansführlicher beschreiben. Ich nehme also was immer für einen Aal, und belege irgend einen Theil seines Körpers mit den feinsten Zinnblättchen, (dessen sich die Vergolder zum Falschversilbern bedienen) den Kopf, oder das Rückgrad, den Unterleib, die Lenden, oder den Schwanz, so breit und lang als es mir beliebt; nur muss das Blättchen so gut anliegen, als ob es aufgeleimt wäre; dies mit einem metallenen Leibchen gewissermassen bekleidete Thier lege ich mit der nicht bewaffneten oder belegten Seite auf eine silberne Schüssel. Anstatt dieser Schüssel kann man sich irgend eines minder breiten, eines silbernen Löffels, Münze u. s. w. bedienen; dann aber muss die Platte, oder was es immer ist, so unter den Aal gelegt werden, dass sie mit [**129**] der oberen Belegung zusammen treffe, oder wenigstens nicht sehr von ihr abstehe*). Nach dieser Znbereitung darf man nur mit einem Schlüssel, Kupferdrat, Münze, Löffel, oder einem andern Stück Metall, wenn es nur rein und glatt ist, die Schüssel oder Platte unter dem Aal und die Belegung desselben berühren; man kann selbst ein drittes Metall entbehren, wenn man die Belegungen bis zum Berühren aneinander bringt; man wird den Aal in eben diesem Angenblicke sich zusammenziehen, winden, krümmen, und die Flossen sich bewegen und anfrichten sehen, und vorzüglich in jenem Theile des Körpers, welcher sich zwischen den Belegungen befindet. Liegt [**130**] der

* In den Aalen, Schlangen, ist so, wie in vielen Würmern nnd Insekten, die Richtung der Nerven und Muskeln, mehr wellenförmig, lauft beinahe in einer mehr zirkelrunden als geraden, länglichen Linie; die wenigstens innerhalb gewisser Ringe eingeschränkt ist. Daraus ist leicht verständlich, warum innerhalb dieser Ringe die zwey Belegungen bei Fröschen einander entsprechen müssen, wenn die Mnskelbewegungen hervorgebracht werden sollen.

Kopf, oder der Hals zwischen ihnen, so ist es nicht unangenehm zu sehen, wie dieser aufschwillt und jener sich erhebt, und wie das Maul, bei jeder Berührung, sich wechselweise auf- und zumacht. Wird das ganze Rückgrad oder Bauch, oder eine Seite des Aals von oben an bis hinab ununterbrochen mit Zinnblättchen belegt, und wird er auf der unbewaffneten Seite auf einen Silberdrat gelegt, und dann diese zwey Belegungen auf eine oder die andere Art verbunden, so bewegt und windet er sich sehr stark.

§ 81. Mit dem Frosch ist es beinahe eben so; man kann entweder das ganze Rückgrad, den Unterleib, oder eine der Seiten der Länge nach ganz, oder nur zum Theil belegen, auch einen Schenkel oder einen Fuss. Eine silberne Schüssel ist hier nicht mehr nothwendig, in jedem Falle genügt hier eine silberne Platte, ein Löffel oder eine Münze, welche aber dennoch, wie beim Aal, an die entgegengesetzte Seite der Belegung angebracht werden, mit dieser Gemeinschaft haben, oder nicht weit von ihr entfernt seyn muss. Geschiehet das: so sind die Zusammenziehungen ungleich stärker. [**131**] Sind die Lenden, das Rückgrad, oder die Schultern belegt, und man bringt die Münze oder den Löffelstiel unter die Schenkel, so werden bei der Verbindung der Belegungen die Muskeln der Schenkel erschüttert, und beide Füsse bewegen sich. Auch wenn einer der Schenkel oder Füsse belegt wird, und man legt auf eben diesen Theil des andern Schenkels oder Fusses die Münze, so bewegen sich bei ihrer Verbindung oder Berührung beide Füsse.

§ 82. Der Frosch also unterscheidet sich von dem Aal schon darinn, dass nicht nur örtliche Zusammenziehungen, sondern Bewegungen im ganzen Leibe statt haben, wenn die silberne Belegung an einen Theil, welcher mit der zinnernen Belegung in Verbindung stehet, selbst weit davon entfernt, angebracht wird.

§ 83. Was sie noch mehr unterscheidet, ist eine sehr entschiedene Uibereinstimmung zwischen den Nerven und den Muskeln, welche darinn bestehet, dass jene Muskeln stärker erschüttert werden, welche mehr Nerven aufnehmen, und einer der Belegungen näher sind; wenn gleich die zweyte Belegung nicht auf sie selbst, [**132**] sondern auf andere Muskeln gebracht ist. So z. B. wenn der Staniol auf das Ende des Rückens und über den Nieren, da, wo die grossen Schenkelnerven beinahe nur unter der Haut liegen, gut und veste aufgelegt wird,

so werden die Füsse erschüttert und hüpfen auf, wenn auch die zweite Belegung am Unterleibe, an der Brust oder gar am Kopf angebracht wäre. Wird mit Staniol die Mitte des Rückgrads belegt, so gerathen die Bauchmuskeln in Bewegung; werden aber die Schultern belegt, so werden in den Brustmuskeln, Vorderfüssen, Hals und Kopf krampfhafte Bewegungen erregt, wo auch die Münze oder eine andere silberne Belegung angebracht seyn mag.

§ 84. Wenn ich sagte, dass die, zu diesen oder jenen Nerven gehörigen Muskeln, welche sich in der Nachbarschaft der Belegungen befinden, besonders stark erschüttert werden, selbst dann, wenn diese nicht selbst auf oder neben diesen Muskeln angebracht sind, so will ich darunter nicht verstanden haben, als ob die unmittelbar belegten, oder an diese anstossenden Muskeln sich nicht bewegen, denn diese werden [133] gewöhnlich am stärksten bewegt. Uebrigens bemerkt man in allen, oder doch beinahe in allen Muskeln ein Zittern, ein krampfhaftes Zusammenziehen, wenn der Frosch frisch abgezogen, und längst des Rückgrads, woraus sich so viele Nerven in alle Theile verbreiten, mit einer fest angedrückten Belegung versehen ist. Bedingt aber irgend ein Umstand die Wirkung auf dieses oder jenes Glied oder Muskel, liegt die silberne Belegung unter, oder sehr nahe an den Muskeln, welche viele Nerven aufnehmen; oder befinden sie sich in der Nachbarschaft des mit Staniol belegten Theiles, wenn z. B. da, wo die Lendennerven liegen, das Zinnblättchen, die Münze oder jede andere silberne Belegung unter oder auf den Schenkeln oder Füssen angebracht wird, so thun beide dazu, in den Füssen die stärksten Zusammenziehungen, und wunderbare Sprünge hervorzubringen, u. s. w.

§ 85. Aus dem Angeführten wird leicht begreiflich seyn, auf wie vielerley Art ich diese Versuche abgeändert habe. Noch besser aber wird man das einsehen, wenn ich noch anführe, dass ich verschiedene Stückchen Staniol zu gleicher Zeit auf verschiedene Theile des Körpers [134] klebte, welche so viel unterschiedene Belegungen von dem nämlichen Metalle bildeten; die zweyte Belegung mit einem silbernen Löffel, Münze u. s. w. legte ich nun bald unter oder an diesen oder jenen unbelegten Theil des Körpers, dann brachte ich sie bald mit dieser bald mit jener Staniolbelegung zur Berührung. Manchmal nahm ich fünf bis sechs Stückchen Staniol, das erste legte ich auf den Kopf, das zweyte auf den Hals, das dritte

auf eine Schulter, das vierte auf das Rückgrad, das fünfte anf das heilige Bein, nnd endlich das sechste auf einen Schenkel, und nun brachte ich die silberne Belegung nnter die Kinnlade oder den Schlund, nnd setzte das eine Ende eines Metalldrats oder Bogenleiters an die Münze, und das andere Ende nach und nach an jedes aufgelegte Stückchen Staniol, um zu sehen, welche Muskeln bei jedem Versuche am meisten zusammengezogen werden. Hernach schob ich die Silbermünze unter die Brust, und versuchte aufs neue jede Staniolbelegung; von da brachte ich die silberne Belegung unter den Bauch, dann an einen und den andern Schenkel und Fuss, nnd wiederholte jedesmal die Berührungen. Nnn legte [**135**] ich den Frosch mit dem Bauche nnd ausgespreizten Füssen auf einen silbernen Teller oder Platte, und fieng den Versnch von vorne an, welcher allein bis vierzig Combinationen gab. Ich vervielfältigte die Versuche auch dadnrch, dass ich den Bauch nnd die Weichen oder Lenden u. s. w. mit verschiedenen Blättchen belegte, und dann eine oder zwey zirkelförmige Belegungen bald um diesen bald um jenen Theil des Körpers wickelte, dabei veränderte ich ebenfalls die silberne Belegung, nnd erhielt immer (wenn sonst die Verbindung der Belegungen, welche überhaupt bei allen diesen Versnchen nothwendig ist, gehörig vorgenommen war) die gewöhnlichen Mnskelbewegungen in den bestimmten Theilen.

§ 86. In allen bis izt beschriebenen Versuchen war die Staniolbelegung dünne, und wie am Körper angeleimt, aufgelegt, die silberne aber, wenig oder gar nicht biegsam, berührte nnr den Körper. Es ändert aber gar nichts, wenn man dies Verfahren gerade nmkehrt, und sich eines dünnen Silberblättchens, und einer dicken Bley- oder Zinnplatte bedient. Auch macht es keinen Unterschied, wenn [**136**] beide Belegungen dünne sind. Hier kömmt es nur auf die Verschiedenheit der Metalle an; diese ist hier wesentlich (§ 72. nnd in der Note). Anderswo werden wir Gelegenheit haben, mehr davon zn reden, und, wenn es möglich ist, die Ursache davon zu finden.

§ 87. An einem Ort (§ 60.) haben wir schon angemerkt, dass man bei der Verschiedenheit der Metalle eine der Belegungen weglassen könne, und dass es hinlänglich sey, zur nämlichen Zeit den Sanm der Belegung, nnd einige Punkte des nakten Fleisches, mit einem Bogenleiter, oder nnr mit einer Münze, Löffelstiel etc. zu berühren. Im leztern Falle

werden die krampfhaften Zusammenziehungen nnr in den anstossenden, manchmal anch nur in einigen Fibern der Muskeln, manchmal aber auch in dem ganzen Gliede bemerkt; so bewegt sich z. B. manchmal der ganze Fuss.

§ 88. Ich sollte nun die mit warmblütigen, vierfüssigen Thieren und Vögeln angestellte Versuche (§ 75. nnd am Ende der vorhergehenden Abhandl.) beschreiben: aber ich finde es weder nothwendig, noch nüzlich, sondern [**137**] ich glaube vielmehr, die Anwendung sey sehr leichte auf diese Thiere zu machen, wenn man nnr Rücksicht anf die verschiedene Bildung nnd animalische Oekonomie nimmt, die nicht so gross ist, vorzüglich was die Empfindlichkeit der Nerven und die Irritabilität der Muskeln betrift. Ich werde mich also dabei nicht aufhalten, sondern nnr sagen, dass die Resultate beinahe die nämlichen sind; dass eben diese Zusammenziehungen in den Muskeln nnd Bewegungen in den Gliedern der Thiere dnrch die Kunstgriffe der unähnlichen Belegnng entstehen; dass eben diese Abhängigkeit der Muskeln von den Nerven bemerkt, und dass jene sich nnr in so weit bewegen, als diese Einfluss anf sie haben; dass die den Belegungen näheren Mnskeln am meisten affizirt werden, und dass der einzige beträchtliche Unterschied darinn bestehe, dass die Bewegungen weniger lebhaft sind, nnd manchmal gänzlich mangeln, wenn diese Mnskeln wenig Nerven haben, zu sehr bedeckt sind, oder es ihnen selbst an Beweglichkeit mangle, oder die Bedecknng zu schlecht oder nicht nnähnlich genug ist; z. B. die eine bestünde aus Gold oder Silber, die andere aber, anstatt [**138**] Bley oder Zinn zn seyn, bestünde ans Eisen oder Messing*).

§ 89. Da wir nns mit diesen Versuchen so lange abgegeben haben, und ich die Kunstgriffe gezeigt habe, wie man in verschiedenen einzelnen Theilen ganzer nnversehrter Thiere, oder, so wie es nothwendig ist, ganz oder nnr zum Theil abgehänteter Thiere, diese elektrischen (man erlaube mir dies Beiwort) Bewegungen hervorbringen könne, so will ich noch einen Sprung an das andere äusserste Ende dieser Versuche machen, nnd zeigen, wie ich eben so starke Znsammenziehungen in einzelnen abgeschnittenen Gliedern, in kleinen Stückchen dieser Glieder, und selbst in kleinen Fragmenten der Muskeln, die ein Getreidekorn an Grösse nicht übertrafen, erhalten habe.

§ 90. Der ganze Knnstgriff bestehet hier ebenfalls wieder

*) s. § 72 und dessen Anm.

in der unähnlichen Belegung. Bestehen diese eines Theils aus einem gut angeklebten Staniol, und andern Theils aus einer silbernen Belegnng, die das Glied nur berührt, so gelingen die Versuche am besten. Um sie in Verbindung untereinander [**139**] zu bringen, brancht man die Münze etc. an die Staniolbelegung bis zur Berührung zu schieben, oder sich eines gebogenen metallenen Drats als Bogenleiter zu bedienen. Bestehet dieser aus Silber oder Messing, so kann man die silberne Münze entbehren, und mit ihm auf der einen Seite das nakte Fleisch, anf der andern aber die Zinnbelegung berühren. In beiden Fällen aber entstehen die gewöhnlichen Znsammenziehungen in einzelnen abgeschnittenen Gliedern, und auch in grössern oder kleinern Stücken derselben.

§ 91. Es würde mich zu weit führen, wenn ich alle Versuche, die ich mit einzelnen abgeschnittenen Gliedern, oder Theilen derselben, mit einzelnen, ganzen oder zerstückelten Muskeln von Thieren, so wohl mit kaltem als warmem Blute angestellt habe, vor Angen zn legen, nnd den verschiedenen Erfolg, je nachdem ich die Umstände abänderte, berühren wollte. Schliessen will ich vielmehr diese ohnedies sehr weitschweifige Abhandlung, und nur noch zwey Entdeckngen anführen, die ich gemacht habe. Nicht alle Muskeln sind gleich reizbar, sondern nur jene, welche dem Willen gehorchen; [**140**] nnr die Mnskeln der willkührlichen Bewegung ziehen sich zusammen, und gerathen in Konvulsionen, wenn man sich der angegebenen Kunstgriffe der unähnlichen Belegnngen bedienet; deswegen bewegen sich weder der Magen, noch die Eingeweide, und das Herz, obgleich sie alle, besonders das letzte, äusserst reizbar sind, und obwohl man sie gleich mit den erwähnten Kunstgriffen versucht, weil ihnen die willkührliche Bewegung nicht eigen ist; das Zwerchfell aber, welches, wie es bewiesen ist, diese Eigenschaft besitzt, bewegt sich.

§ 92. Die zweyte, von welcher wir schon oben (§. 65.) etwas gesagt haben, ist, dass der durch die nnähnlichen Belegungen vernrsachte Durchgang der elektrischen Materie manchmal anstatt der gewöhnlichen Znsammenziehungen, die eigenthümliche Empfindung der an dem affizirten Orte befindlichen Nerven hervorbringe. Das geschiehet anf der Zunge. Versucht mau sie mit diesen Kunstgriffen, so wird sie nicht erschüttert, sondern an ihrem empfindlichsten Theile, an der Spitze empfindet sie einen mehr oder weniger lebhaften Geschmak, jenem gleich, welchen die [**141**] elektrische Materie

an den Enden eines künstlich elektrisirten Konduktors anssprühet.

§ 93. Um diesen Geschmak zu fühlen, muss man auf die Zungenspitze ein reines, glattes Streifchen Staniol legen, und gut andrucken; auf die Mitte oder einen andern Theil der Zunge legt man eine Gold- oder Silbermünze, oder was immer anderes dieser Metalle, und bringt diese zwei Belegungen zur gegenseitigen Berührung. Statt des Staniol bediene ich mich oft des sogenannten Silberpapiers, welches eigentlich mit Staniol überzogenes Papier ist, und finde es besser, als alles andere; ausgenommen, dass nicht jedes Papier eine gleiche Wirknng äussert. Mit manchen Stückchen gelingt es so gut, dass ich den säuerlichen Geschmack unerträglich finde; mit andern gelingt es zwar auch, aber ungleich schwächer. Die Ursache dieses Unterschiedes anzugeben, bin ich noch nicht im Stande, wenn er nicht allenfalls in der Verschiedenheit des Zinns, oder dessen Mischung mit andern Metallen, oder in mehreren oder wenigern Schlagen desselben liegt. (s. Note zn § 72.)

[**142**] § 94. Sehr merkwürdig ist noch, dass dieser Geschmack die ganze Zeit durch, so lange sich nämlich das Zinn und das Silber berühren, fortdauert, und an Lebhaftigkeit selbst zunimmt. Dies beweisst, dass der Uebergang der elektrischen Materie, von einem Orte auf den andern unaufhörlich fortwähre.

§ 95. Nicht weniger merkwürdig ist es, dass, wenn man den Versuch umkehrt, und die Silberbelegung auf die Znngenspitze, auf die Mitte derselben aber das Zinn oder das Silberpapier bringt, man an der Zungenspitze einen ganz andern Geschmak empfindet, der nicht mehr sauer, sondern vielmehr alkalinisch, scharf, sich dem bittern nähernd ist. Obgleich dieser Geschmak schärfer und beissender ist, so wird er doch nnr unter den günstigsten Umständen gefühlt; nämlich, wenn das Silber gerade an ein sehr gut polirtes Zinnblättchen stösst. Bedient man sich des Silberpapiers, so gelingt der Versuch auch nur manchmal, (§ 93.) je nachdem das Papier gut ist. Der säuerliche Geschmak wird auf die erste Art ungleich eher hervorgebracht, als der scharfe und brennende auf die zweyte Art; jener ist bestimmt säuerlich, [**143**] den andern als ganz alkalinisch anzugeben, darf ich noch nicht wagen. Wie er anch immer sey, so ist er doch ganz von dem erstern unterschieden, und das ist genug, um grosse Anssichten zu öffnen.

§ 96. Die durch die grossen metallischen Belegungen in

Bewegung gesetzte elektrische Materie affizirt also die Nerven auf verschiedene Art, je nachdem sie in dieselbe, oder aus denselben fliesst. Nun aber frägt sichs: fliesst sie aus ihnen, oder in sie, wenn sie auf der Zungenspitze den sauern Geschmak verursacht? Ich meines theils glaube, sie gehe in die Nerven, und bringe beim Ausfliessen aus denselben den Geschmak, der sich dem Alkalinischen nähert, hervor. Für gewiss aber gebe ich dieses noch nicht aus. Verfolgt man diese Vermuthung, ob nämlich die auf diese oder jene Art bewegte Materie durch sich selbst einen verschiedenen Geschmak verursachen könne? Könnte sie da nicht auch die unmittelbare Ursache eines jeden Geschmakes seyn? Könnte sie nicht die Ursache der Sensazionen aller anderen Sinne seyn? Aber verlassen wir das Reich unbestimmter, schwankender Ideen, dehnen wir [**144**] lieber unsere Versuche aus, und schränken wir uns auf ihre unmittelbare Folgen und Anwendungen ein. Dies ist der Weg,. den ich bis izt gegangen bin, und welchen ich auch bei den in der Zukunft folgenden Abhandlungen nicht verlassen werde.

Bericht

über

einige Entdeckungen Galvani's nebst Versuchen und Bemerkungen über diese.

In zwei Briefen an Herrn *Tiberius Cavallo*, F.R.S.[13])

von

Alessandro Volta,

Professor in Pavia.

[10] I.

13 September, 1792.

Der Gegenstand der Entdeckungen und Untersuchungen, mit denen ich Sie jetzt nnterhalten will, ist die thierische Elektricität; ein Gegenstand der Sie lebhaft interessiren muss. Ich weiss nicht, ob Sie schon die Arbeit eines Professors in Bologna, *Galvani*, gesehen haben, die unter dem Titel: *Aloysii Galvani* de Viribus Electricitatis in Motu Muscolari Commentarins, Bononiae, 1791, 58 Seiten) mit vier grossen Tafeln, erschienen ist; oder ob Sie wenigstens davon gehört haben. Sie enthält eine der schönsten und überraschendsten Entdeckungen nnd den Keim zn vielen anderen. Unsere italienischen Zeitschriften haben darüber verschiedene Anszüge gebracht, unter anderen die des Dr. *Brugnatelli* in Pavia: Giornale Fisico-Medico; ich selbst habe dorthin zwei lange Abhandlnngen geliefert, denen noch einige andere folgen werden, denn ich habe die Versuche bedentend erweitert.

Jetzt will ich Ihnen eine Skizze sowohl der wunderbaren Entdeckung *Galvani*'s als der Fortschritte geben, die ich in diesem nenen Gebiete zu machen so glücklich war; ich bitte

mein Schreiben dem geehrten Herrn Präsidenten der Kön. Ges., Herrn *Banks*, zu übermitteln, [11] der sie dieser gelehrten Gesellschaft mittheilen möge, wenn er das für passend erachtet, als geringes Zeichen meiner Dankbarkeit für die Ehre, die sie mir durch Aufnahme in ihre gelehrte Körperschaft erwiesen hat, sodann auch meines Eifers, ihrer Anfforderung, von Zeit zu Zeit die Früchte meiner Studien ihr mitzutheilen, nachzukommen.

1) Herr Dr. *Galvani* hatte einen Frosch präparirt, so zwar dass die Beine mit einem Theile der Wirbelsänle, die aber vom übrigen Körper abgetrennt war, nnr durch die blossgelegten Cruralnerven zusammenhingen; er bemerkte, dass sehr lebhafte Bewegnngen in den Beinen erregt wurden, mit krampfartigen Zuckungen aller Muskeln, jedesmal wenn (während dieses Stück eines Thieres ziemlich weit vom grossen Conductor der Elektrisirmaschine sich befand und zwar unter gewissen später zu erläuternden Bedingungen), aus eben diesem Condnctor, nicht etwa auf den Körper des Thieres, sondern auf irgend welche andere Körper und in ganz anderer Richtung, ein Fnnken herausgezogen wnrde. Die erforderlichen Bedingnngen bestanden darin, dass das präparirte Thier sich entweder sehr nahe bei, oder in Berührung befand mit einem Metall oder anderen guten Leitern von genügender Grösse, besser aber noch zwischen zwei ähnlichen Leitern, deren einer gegen das Ende der Beine gekehrt war oder gegen irgend einen Muskel, der andere gegen die Wirbelsäule oder die Nerven: anch war es sehr zweckmässig, wenn der eine Leiter, den der Verfasser als Nervenleiter oder Muskelleiter bezeichnet, und vorzüglich letzterer, eine gute Verbindung mit dem Erdboden hatte. Besonders in dieser Stellnng werden die Beine des präparirten Frosches heftig erregt, bei jedem Funken ans dem Conductor werden sie lebhaft erschüttert trotz der Entfernnng nnd trotzdem dass die Entladung weder auf den Nervenleiter noch auf den Muskelleiter gelenkt wnrde, [12] sondern auf einen beliebigen anderen Körper, der gleichfalls weit entfernt war nnd eine ganz andere Leitung der Entladung darbot, wie etwa dnrch eine eingeschaltete Person.[14])

2) Diese Erscheinung erregte vielleicht mehr als nöthig *Galvani*'s Erstaunen; denn die Fähigkeit nicht bloss der elektrischen Funken, die unmittelbar Nerven oder Muskeln treffen, sondern die eines jeden elektrischen Stromes, der mit irgend einer Geschwindigkeit in irgend welcher Weise durch den Kör-

per kreist, ich sage, dessen mächtige Eigenschaft, Erregungen hervorzurufen, war eine wohlbekannte Sache; übrigens war es offenbar, dass in diesem Versuche, wie in allen in den beiden ersten Theilen seiner Arbeit mitgetheilten, wie sie auf den beiden ersten Tafeln zur Darstellung kommen, sein Frosch von solch einem Strome dnrchflossen wurde. Man braucht sich nur die wohlbekannte Wirkung der elektrischen Atmosphären vorzustellen, oder was man nennt elektrischen Druck; durch diesen wird die Elektricität der Leiter, die in den wirksamen Bereich eines elektrischen Körpers getaucht sind, zurückgestossen, je nachdem die Kraft und Ausdehnung dieser Wirkungssphäre beschaffen ist, und in diesem Zustande einer Deplacirung beharrt sie so lange, als die Elektricität des wirkenden Körpers fortbesteht, während sie an ihre alte Stelle zurückkehrt, sobald jene fortgenommen wird, und zwar geschieht das langsam, wenn auch der erste Körper langsam entladen wird, und plötzlich, wenn man den geladenen Körper auf einem Male entladet. Dieser Rückschlag also, dieser Rückfluss der Elektricität in die mit dem Frosch verbundenen Leiter, der plötzliche Uebertritt aus dem Nerv- in den Muskel-Leiter, oder nmgekehrt, [13] besonders wenn solch ein Strom beschränkt ist auf den einzigen engen Nervenkanal; der ist es, der die Krämpfe und Bewegungen in den erwähnten Versuchen hervorruft. Herr *Galvani*, der nicht genug an diese Wirksamkeit der elektrischen Atmosphäre gedacht haben mag, und der noch nicht die stannenswerthe Empfindlichkeit seines in jener Weise präparirten Frosches kannte, (und hier will ich es mittheilen, dass ich fast alle anderen kleinen Thiere fast ebenso empfindlich gefnnden habe, Eidechsen, Salamander, Mäuse), *Galvani* war sehr erstaunt über diese Erschcinung, die anderen Physikern weniger wunderbar vorkommen dürfte. Und dennoch war es der erste Schritt, der ihn zu der grossen und schönen Entdeckung einer thierischen Elektricität führte, die nicht nur den Fröschen zukommt und anderen Kaltblütern, sondern auch allen Warmblütern, Vierfüsslern, Vögeln, etc.; eine Entdecknng, die den Gegenstand des dritten Theiles seiner Abhandlnng bildet, ein vollkommen neues und hoch interessantes Gebiet. Auf diese Weise hat er uns ein weites Feld eröffnet, in das wir nun eintreten wollen, nachdem wir uns noch ein wenig mit diesen vorläufigen Versuchen abgegeben haben werden, die sich auf die Wirknng der künstlichen Elektricität auf Nerven- und Muskelfasern beziehen.

3) Der Zufall brachte Herrn *Galvani* auf den oben beschriebenen Versuch, über den er sich, ich wiederhole es, über Gebühr verwunderte. Immerhin aber, wer hätte gedacht, dass ein elektrischer Strom, der die feinsten Elektrometer intact lässt, im Stande sei, so gewaltig die Organe eines Thieres zu erregen, und in seinen vor mehreren Stunden abgetrennten Gliedern Bewegungen zu erzeugen, wie das lebende Thier sie nicht stärker zeigt, [14] heftig die Beine herumzuschleudern, zu springen etc., von den heftigsten tonischen Erregungen zu geschweigen? So aber ist der Strom, der durch das kleine Thier hindurchläuft, das auf einem Tische hingestreckt liegt, in der Nähe einiger Metalle, oder zwischen zwei guten nicht isolirten Leitern, sobald nur Jemand aus dem mehrere Fuss weit entfernten Conductor einen mässigen Funken herauszieht und diese Entladnng einen ganz anderen Weg einschlagen lässt.

4) Ich sage einen mässigen Fnnken; denn wenn er stark ist nnd wenn die Entfernung dieses stark elektrisirten Conductors keine grosse ist, so werden kleine Funken in den Zwischenräumen namentlich der metallischen Körper entstehen, der Frosch schliesst die Verbindungen; es entstehen Funken, offenbar dnrch den Rückschlag, von dem oben die Rede war (2). Kommt es indess nicht so weit, so sieht man statt der Fnnken Bewegungen in den Elektrometern, die in der Nähe anfgestellt sind. In diesem Falle, wo die Elektrometer Zeichen geben, nnd noch viel mehr in dem anderen, wo man Funken wahrnimmt, kann man beobachten, dass selbst ein ganzer heiler Frosch, oder irgend ein anderes kleines Thier, eine Eidechse, eine Maus, ein Sperling, von heftigen Zuckungen in allen ihren Gliedern befallen werden, besonders in den Beinen, die lebhaft erschüttert werden, sobald der elektrische Strom (der Rückschlag) die Beine von einem Ende zum anderen durchläuft. Bis hierher nichts Merkwürdiges; das Ueberraschende tritt erst in dem Falle ein, wo der elektrische Strom nicht mehr merkbar ist, nicht einmal an den empfindlichsten Elektrometern, [15] wo er doch dieselben Zucknngen nnd Bewegungen erzeugt, wenn auch nicht im ganzen Frosch, so doch in seinen nach *Galvani*'s Art präparirten Gliedern.

5) Ich habe mich einigermaassen bemüht zu bestimmen, welches die kleinste elektrische Kraft sei, die diese Wirkungen hervorruft, sowohl im ganzen Frosch voll Leben, als auch im präparirten; denn *Galvani* hatte das zu thun unterlassen. Ich habe den Frosch jedem anderen Thiere vorgezogen, weil seine

Lebenskraft eine sehr ausdanernde nnd weil er leicht zu präpariren ist. Uebrigens habe ich ebenso mit anderen kleinen Thieren gearbeitet, mit fast gleichem Erfolge. Um den elektrischen Strom gnt zu benrtheilen, glaubte ich das Thier nicht dem Rückschlage aussetzen zu müssen, sondern unmittelbaren elektrischen Entladungen, bald eines einfachen Conductors bald einer Leydener Flasche, so dass der ganze Strom den Körper durchlaufen musste. Deshalb mnsste ich ihn irgendwie isoliren, meist durch Anheftung an zwei von Glassäulen getragenen Holzplatten mittelst Stecknadeln.

6) Ich fand also, dass für den lebenden ganzen Frosch die Elektricität eines einfachen Conductors genüge, die nur ganz schwache Fnnken gab und das Henley'sche Elektrometer um 5 bis 6 Grad erhob. Nahm ich eine Leydener Flasche mittlerer Grösse, so brachte eine viel schwächere Ladung, die noch gar keinen sichtbaren Funken zeigte, [**16**] am Quadrantenelektrometer unsichtbar blieb und kaum das *Cavallo*'sche Elektrometer um eine Linie beeinflusste, dieselbe Wirkung hervor.

7) Das bezieht sich auf einen ganzen unverletzten Frosch; denn für einen präparirten, besonders nach *Galvani*'s Art, wo die Beine an der Wirbelsäule nur mittelst der Crnralnerven zusammenhängen, da genügte schon eine weit geringere Ladung, sei es des Conductors oder der Leydener Flasche, (wobei der Strom sich dnrch diesen engen Kanal ergiessen musste,) um Zuckungen zu erregen. Ja selbst eine 40 bis 50 mal schwächere Elektricität reicht hin, die am Elektrometer von *Cavallo* gar nicht bemerkbar ist, und selbst mit dem änsserst empfindlichen von *Bennet* nicht wahrgenommen werden kann, eine Ladnng, die ich nur mit meinem Condensator nachweisen kann und die ich auf 5 bis 6 Hundertstel eines Grades des *Cavallo*'schen Elektrometers schätze.

8) Wir haben also in den an der Wirbelsäule hängenden Froschbeinen eine neue Art Elektrometer; denn Ladungen, die gar keinen Einfluss auf diese zu haben scheinen, würden als nicht vorhanden gelten, während sie hier im thierischen Elektrometer, wenn wir es so nennen wollen, so deutliche Zeichen geben.

9) Wenn man sieht, wie ein so präparirter Frosch reagirt und von starken Zuckungen dnrch eine änsserst schwache Elektricität ergriffen wird, so wird man gewiss nicht mehr erstannt sein, dass dasselbe eintritt, wenn Jemand den grossen Conductor der Elektrisirmaschine plötzlich entladet, wodurch ein stärkerer

oder schwächerer Strom in den den Frosch berührenden Leitern entsteht, [17] da die Elektricität, wie oben erklärt, wieder ihr Gleichgewicht anstrebt (2). Angenommen, dieser Rückschlag komme kaum der Entladung gleich, die sich unmittelbar aus einem hinreichend grossen Conductor ergiesst, mit einer Elektricität, die noch keinen Funken giebt und selbst das Elektrometer von *Cavallo* nicht erregt, oder aus einer Leydener Flasche, die kaum ein zehntel Grad dieses Instrumentes anzeigt; angenommen, sage ich, der Strom sei nicht stärker, so genügt er doch, wie meine Versuche (6 und 7) lehren, um die fraglichen Erregungen herbeizuführen.

10) Wenn wir uns also nicht mehr wundern über die in den beiden ersten Theilen der *Galvani*'schen Abhandlung gebrachten Versuche, wie sollen wir uns auch davor hüten hinsichtlich der ganz neuen und wundersamen, im dritten Theile gebrachten? Er erhielt da dieselben Zuckungen und Bewegungen der Glieder, ohne zu irgend einer künstlichen Elektricität oder fremden Erregung zu greifen, indem er nur irgend einen leitenden Bogen anbrachte, dessen eines Ende die Muskeln, während das andere den Nerven oder die präparirte Wirbelsäule berührte. Dieser Leitungsbogen konnte entweder ganz aus Metall bestehen, oder zum Theil aus Metall, zum anderen Theil aus anderen Körpern aus der Klasse der Leiter, wie Wasser, eine oder mehrere Personen, etc. Selbst Holz, Mauerwerk, der Fussboden konnten in den Strom eingeschaltet werden, wenn diese Körper nur nicht zu trocken waren; nur die Einschaltung von Isolatoren, wie Glas, Harze, Seide, störte die Wirkung [18]. Die schlechten Leiter waren indess nicht ebenso brauchbar, denn nur in den ersten Augenblicken nach der Zubereitung des Frosches, solange die Lebenskräfte ungeschwächt waren, traten die Erscheinungen ein; später konnten nur die guten Leiter mit Erfolg angewandt werden, und noch später durfte man nur die allerbesten Leiter, Metalle, verwerthen. Besonders vortheilhaft erschien ihm die Anbringung einer Metallbelegung auf den Theil der Wirbelsäule, der mit den Crural-nerven verbunden blieb, und auf die Nerven selbst, besonders wenn diese Theile mit dünnen Zinn- oder Bleiblättchen bedeckt wurden.

11) *Galvani* beschränkte sich bei diesen wahrhaft erstaunlichen Versuchen nicht auf die Frösche; er erweiterte sie auf mehrere andere Kaltblüter, aber auch auf Vierfüssler und Vögel; immer mit demselben Erfolge bei derselben Vorbereitung; immer

deckte er einen Hauptnerv bloss, da wo er sich in ein der Bewegung fähiges Glied fortpflanzt, belegte diesen Nerven mit einem Metallblatt und stellte die Leitung vermittelst eines Bogens her, der diese Belegung mit den Muskeln verband.[15])

12) So entdeckte er mit Glück und zeigte uns in untrüglicher Weise, das Vorhandensein einer thierischen Elektricität in allen oder fast allen Thieren. Er schien durch seine Versuche bewiesen zu haben, dass der elektrische Strom ohne Aufhören von einem Theile des lebenden Körpers zum anderen sich zu ergiessen strebe, selbst in abgetrennten Gliedmaassen, so lange in ihnen noch Lebenskraft vorhanden; dass dieser Strom von den Nerven zn den Muskeln zu verlaufen strebt, oder umgekehrt, und dass die Mnskelbewegungen einer solchen langsameren oder schnelleren Transfusion zuzuschreiben sind. In der That scheint es, dass man nichts dem entgegenhalten kann, auch nicht der Erklärung, die *Galvani* giebt, indem er eine Art Entladung ähnlich der einer Leydener Flasche darin sieht. [**19**] Indessen habe ich doch viele neue Versuche über diesen Gegenstand angestellt, die da zeigen, dass die Sache sehr einzuschränken ist; ebenso auch die Folgerungen des Verfassers; zngleich erweitern sie die dieser thierischen Elektricität zugeschriebenen Erscheinungen und führen sie uns unter neuen Umständen und Beziehungen vor.

13) *Galvani* hat sich auf Grund seiner Versuche eine Vorstellung gebildet, dergemäss er in allen Fällen die Analogie mit der Leydener Flasche aufrecht erhält; er behauptet, dass die Nerven und die inneren Muskeltheile von Natur einen Ueberschuss an elektrischem Fluidum hätten, während ausserhalb der entsprechende Mangel auftrete, oder umgekehrt; darum, meint er, müsse ein Ende des Leitungsbogens mit dem Nerven in Verbindung stehen, den er als Stromleiter oder als Haken der Flasche ansieht; das andere Ende müsse den änsseren Muskel berühren. Alle Figuren der dritten und vierten Tafel und alle seine Erklärungen kommen stets darauf heraus. Hätte er ein wenig mehr seine Versuche variirt, wie ich es gethan habe, so hätte er auch bemerkt, dass dieser doppelte Contact des Nerven und des Muskels, dieser Stromkreis, den er sich gedacht hat, gar nicht immer nöthig ist. Er hätte entdeckt, was ich gefunden habe, dass man dieselben Zuckungen, dieselben Bewegungen in den Beinen und in anderen Gliedern der Frösche und aller anderen Thiere erhalten kann durch blosse metallische Berührung sei es zweier Stellen eines Nerven

oder zweier Muskeln, ja selbst verschiedener Pnnkte eines nnd desselben Mnskels.

14) Es ist wahr, der Erfolg ist nicht derselbe in beiden Fällen; und in letzterem Falle müssen wir zu einem Kunstgriffe nnsere Zuflucht nehmen, von dem wir weiter nnten zu reden Gelegenheit haben werden, und der darin besteht, zwei verschiedene Metalle anzuwenden; [**20**] ein Kunstgriff, der nicht absolut nothwendig ist, wenn man nach *Galvani* verfährt (10 nnd 11), solange wenigstens die Lebenskraft in dem Thiere oder in dessen abgetrennten Gliedern fortbesteht; znletzt aber, da mit verschiedenen Metallbelegungen, die entweder nur an den Nerven, oder nur an den Muskeln angebracht sind, man doch Bewegungen der Glieder erreicht, so mnss geschlossen werden, dass, wenn es Fälle giebt (was noch sehr zweifelhaft erscheinen könnte), wo die behauptete Entladung zwischen Nerv und Muskel (12 und 13) Ursache der Mnskelbewegung ist, es gewiss auch, und zwar viel häufiger, Umstände giebt, wo man dieselben Bewegnngen durch einen ganz anderen Vorgang erhält, durch einen ganz anderen Umlanf des elektrischen Flnidnms.

15) Ja es ist ein ganz anderes Spiel des elektrischen Flnidums, von dem man eher sagen kann, es störe das Gleichgewicht, statt ein solches wiederherznstellen; denn dieses Flnidum fliesst von einem Theil des Nerven oder des Mnskels, sowohl innerlich in ihren leitenden Fasern, als auch äusserlich in den angebrachten metallischen Leitern, nicht in Folge eines vorhandenen Ueberschusses oder Mangels, sondern in Folge einer eigenen Wirkung eben dieser Metalle, sobald sie verschieden sind. Auf diese Weise habe ich ein neues Gesetz entdeckt, welches nicht so sehr ein Gesetz der thierischen Elektricität ist, als ein Gesetz der gemeinen Elektricität; dieser letzteren muss man die Mehrzahl der Erscheinungen zuschreiben, die nach *Galvani*'s Versuchen und nach mehreren anderen, die ich selbst in Folge dieser angestellt hatte, einer wahren eigenen thierischen Elektricität anzugehören schien, was aber nicht statt hat; es sind thatsächlich Wirknngen einer sehr schwachen künstlichen Elektricität, die in einer Art und Weise erregt wird, von der man keine Ahnnng hatte, [**21**] dnrch einfache Anbringung zweier Belegungen aus verschiedenen Metallen, wie ich oben bereits andeutete und anderswo besser erläutern werde.[16])

16) Ich muss hier bemerken, dass bei der Entdeckung

dieses neuen Gesetzes, dieser bis jetzt unbekannten Elektricität, ich Misstrauen hegte gegen alles, was eine natürliche thierische Elektricität, im eigentlichen Sinne des Wortes, zu beweisen schien, und dass ich im Begriff stand, diese Anschauung ganz aufzugeben. Als ich aber alle Erscheinungen in sorgfältiger Prüfung durchging und von dem neuen Gesichtspunkte ans die Versuche wiederholte, fand ich schliesslich, dass einige von ihnen die Prüfung bestehen, (diejenige z. B. wo man nicht verschiedene Belegungen braucht, überhanpt gar keine Belegung, wo ein einfacher Metalldraht oder irgend ein anderer leitender Körper, der als Verbindungsbogen zwischen dem isolirten Nerv und einem der ihm zugehörigen Muskeln, dient, in letzten Zuckungen hervorrufen kann), (10 etc.), und dass die natürliche und rein organische, thierische Elektricität vorhanden ist und nicht ganz gelengnet werden kann. Die Erscheinungen, die solches bestätigen, sind trotz ihrer Beschränkung beweisend, wie ich eben angedeutet habe und wie man es besser aus dem Folgenden erkennen wird.

17) Man wird es vielleicht als unangenehm empfinden, dass man seinen Bereich in der thierischen Oekonomie in viel engere Grenzen einschliessen nnd auf die schönsten Anschauungen verzichten muss, die man sich gebildet hatte und die uns zu einer verständlichen Erklärung aller Mnskelbewegungen zu führen schienen. Meine in allen möglichen Arten veränderten Versuche zeigen, dass das in den Organen erregte elektrische Fluidum nicht unmittelbar auf die Muskeln wirkt; dass es nur die Nerven erregt und dass diese, in Thätigkeit versetzt, ihrerseits die Muskeln erregen. [**22**] Wie diese Nerventhätigkeit beschaffen sei; wie sie sich von einem Theile zum anderen fortpflanzt; wie sie auf die Mnskeln übergeht und wie die Bewegung dieser letzteren entsteht; das sind noch Probleme, zn deren Erklärung wir nicht besser gerüstet sind als vor der ganzen Entdeckung.

18) Ich komme jetzt zu den Versuchen, die alle die letzt aufgestellten Behauptungen beweisen. Aus der grossen hierzu tauglichen Menge wähle ich nnr einige aus, und zwar solche, die mir besser gewisse Grundsätze zu beweisen scheinen; die meisten sind nen und weichen von denen *Galvani*'s ab. Zunächst noch ein Wort über die Versuche dieses Autors. Ich weiss nicht, ob er noch andere angestellt hat, aber die, über welche er uns in seiner Arbeit berichtet, bewegen sich in einem zn engen Kreise; es handelt sich immer darum, die Nerven zu entblössen und zu isoliren, und zwischen den Nerven und

den von ihnen abhängigen Muskeln eine Verbindung durch gute Elektricitätsleiter herzustellen (wie man solches in allen Figuren der vier beigefügten Tafeln erkennt), um Zuckungen und Muskelbewegungen durch das elektrische Fluidum hervorzurufen. Er setzt also stets voraus und er äussert sich darüber ganz deutlich, dass die natürlich oder künstlich erregte Elektricität von den Nerven zu den Muskeln sich ergiessen müsse, oder umgekehrt; dass diese beiden Endungen sich im Strome befinden müssen, damit Zuckungen entstehen; wirklich scheinen alle Versuche, die er beschreibt, dieses zu bestätigen. Indess bewegen sie sich, wie gesagt, in einem zu engen Kreise, aus dem sie niemals oder fast niemals heraustreten. [**23**] Als ich aber die Versuche dieser Art verschiedentlich abänderte, sah ich, dass weder die eine noch die andere Bedingung durchaus nöthig sei, um die behauptete Entladung zu erhalten, nämlich weder die Entblössung und Isolation der Nerven, noch die gleichzeitige Berührung der Nerven und Muskeln (13), es genügt, wenn man z. B. den Nervus ischiaticus eines Hundes oder Schafes entblösst hat, den elektrischen Strom von einer Stelle dieses Nerven zu einer anderen selbst ganz nahen Stelle desselben hinzuführen, während der ganze übrige Nerv wie auch das ganze Bein unberührt und frei bleibt; dieses, sage ich, genügt, um in diesen Beinen die stärksten Zuckungen und Bewegungen hervorzurufen; und zwar sowohl wenn man eine künstliche Elektricität anwendet, als auch, wenn man das dem Nerv selbst anhaftende elektrische Fluidum in Bewegung setzt. Ich verfuhr in folgender Weise bei diesen Versuchen:

19) Versuch *A*. Ich fasse mit einem Zängelchen den Nervus ischiaticus, ein wenig über dem Eintritt in das Bein, und bringe einige Linien höher, auf diesem selben, sorgfältig von Anhängseln befreiten Nerven, der durch einen Faden gehalten oder auf eine Glasplatte, Siegellackstange, auf trocknes Holz oder irgend einen anderen schlechten Leiter gelegt wird, eine Münze an. Darauf berühre ich den Bauch einer Leydener Flasche, die sehr schwach geladen ist, mit dem Zängelchen und bringe den Haken in Berührung mit der anderen Metallplatte; sofort tritt die Entladung ein, auch wenn sie so schwach ist, dass man keinen Funken erhält, und sie bringt alle Muskeln des Beines in Zuckungen, so dass es erschüttert wird und sich heftig fortbewegt. Und dennoch befand sich dieses ganze Bein und selbst ein Theil des Nerven ausserhalb des Weges, den das elektrische Fluidum einschlug, sodass nur ein kleiner Theil

des Nerven gereizt werden konnte; [24] nichtsdestoweniger reichte das hin, die Zuckungen hervorzurufen.

20) Versuch *B.* Es verhält sich ebenso, d. h. ähnliche Zuckungen und Bewegungen des Beines treten ein, ohne Anwendung einer fremden Elektricität, durch die Entladung, die da eintritt, wenn man dasselbe Zängelchen wie oben, oder eine Silberplatte an eine Stelle des Nerven bringt und an eine andere Stelle eine Platte von irgend einem anderen Metall, besonders von Zinn oder Blei, wonach man sie einfach in Verbindung setzt, sei es durch unmittelbare Berührung, oder durch Einschaltung eines dritten Metallstückes, das den Bogen leitend schliesst.

21) Hier nun haben wir dieselben Wirkungen, sehr lebhafte Zuckungen und Muskelbewegungen ohne Entladung des elektrischen Fluidums zwischen Nerven und Muskeln, wie *Galvani* solches immer voraussetzt; auch ohne dass ein Ende des Leitungsbogens mit dem Nerven, und das andere mit den Muskeln verbunden wäre. Aber auch die andere Bedingung, einen beliebigen Nerv bloss zu legen, ist nicht mehr erforderlich, wie die folgenden Versnche lehren:

Versnch *C.* Ich bringe die Belegungen oder Platten aus verschiedenen Metallen (diese Verschiedenheit der Belegungen ist wesentlich) (14 und 15) an einen ganzen lebenden Frosch an, dessen Haut unverletzt ist: ich klebe z. B. ein dünnes Zinnblättchen auf seinen Rücken oder über die Nieren, lege eine Silbermünze unter die Beine oder unter den Bauch, mit einigem Druck; alsdann lasse ich die Münze fortgleiten bis zur Berührung mit dem Zinnblättchen oder ich stelle eine Verbindung zwischen beiden Belegungen her mit einem Messingdraht oder anderen beliebigen Metall; [25] und siehe da, es werden krampfartige Zuckungen erregt in allen Muskeln des Bauches, der Schenkel, des Rückens, mit heftigen Erschütterungen der Beine, eine Contraction und Krümmung der Wirbelsäule, u. s. w., welche Zuckungen und Krämpfe, obwohl sie fast überall statthaben, doch kräftiger in den Gliedern und Muskeln auftreten, die nahe den Belegungen sich befinden, und noch mehr in denen, die den in der Nähe der Belegungen liegenden Hauptnerven entsprechen.

22) Diese Versuche gelingen auch mit einigen anderen Thieren: mit Fischen, besonders mit Aalen, die man nicht abzuhäuten braucht, obwohl dann die Wirkung ein wenig schwächer ist. Entfernt man sie, wenn auch nur zum Theil,

besonders beim Frosch, so treten die Wirkungen sicherer ein und stärker. Man gewinnt sogar, wenn man dem Frosch den Kopf abschneidet und eine grosse Nadel in das Rückenmark hineinsteckt; man erregt alsdann mittelst der verschiedenen Metallbelegnngen stärkere Bewegungen, weil sie sich nicht mit anderen vermengen, die das lebende Thier willentlich vollzieht.

23) Wenn es, wie man sieht, vortheilhaft ist, den Fröschen ihre Haut zu nehmen, obwohl diese dünn und feucht ist, so mnss es durchaus geschehen bei fast allen anderen Thieren, Eidechsen, Salamandern, Schlangen, Schildkröten und besonders bei Vierfüsslern und Vögeln, die eine trocknere und viel dickere Haut haben. Ich verfahre also folgendermaassen:

[26] Versuch *D*. Mittelst einiger grosser Stecknadeln befestige ich eine Eidechse, eine Maus, ein Hnhn, u. s. w. auf einem Tische, ich mache einen Einschnitt in die Hant und andere Hüllen bis zum nackten Fleisch, auf den Rücken des Thieres stülpe ich die Hautdecken um nach beiden Seiten; ebenso verfahre ich mit dem Schenkel oder dem Beine, bringe dann die Belegungen auf die entblössten Stellen, hier das Zinnblättchen, dort den Silberlöffel. Sobald ich nun die beiden Belegungen mit einander in Verbindung bringe, erhalte ich starke Zuckungen der anliegenden Muskeln, besonders in denen des Schenkels und des Beines, das sich heftig bewegt. Diese Erschütterungen sind um so stärker, je näher das Zinnblättchen sich beim Nervus ischiaticus befindet, während die Silberplatte in der Nähe des Musculus glutaeus oder gastrocnemins aufliegt, immer aber um so mehr, je besser der Nerv entblösst ist und je besser er selbst mit dem Zinnblättchen bedeckt ist; wenn man ihn ferner nur mit dem zugehörigen Muskel verbunden sein lässt und alle anderen Anhängsel entfernt; endlich wenn man das ganze Glied mit seinem Nerven vom übrigen Körper abtrennt und ihn allein den Versuchen unterzieht.

[27] II.

25 October, 1792.

24) Man begreift leicht, dass, was ich am Nervus ischiaticus und am Beine beobachtet habe, ebenso für die Nerven des Armes und den Arm gilt und für jeden anderen Nerv und die von ihm abhängigen Muskeln.

Digitized by Google

25) Die letzten Znbereitungen sind dieselben, wie bei *Galvani*; sie zeigen, dass es vortheilhaft ist, die Nerven zu entblössen, noch mehr aber sie von der Umgebung abzutrennen; keineswegs aber ist das eine unerlässliche Bedingung, da man dieselben Znckungen und Bewegungen erhält, wenn man nur den Muskel blosslegt und alle Nerven bedeckt sein lässt in ihrem natürlichen Zustande, wie alle meine vorhin erwähnten Versuche (21, 22 und 23) es zeigen.

26) Nach diesen Versuchen mit Reptilien, Vögeln, kleinen Vierfüsslern nahm ich grössere Thiere vor: Kaninchen, Hunde, Schafe, Rinder; ich erhielt denselben Erfolg auf alle oben beschriebenen Arten; die Wirkungen waren um so stärker und anhaltender, je besser die Lebenswärme in den grossen Thieren und in ihren Gliedern sich erhielt. Denn ich darf nicht unerwähnt lassen, dass, wenn bei den meisten Kaltblütern, und besonders bei Fröschen, die Lebenskraft in abgetrennten Gliedern mehrere Stunden andauert, diese Lebenskraft, die sie bei der schwächsten Erregnng so empfindlich erscheinen lässt, nnr einige Miuuten in den abgetrennten Gliedern der Warmblüter anhält [**28**] und gewöhnlich schwindet, ehe die ganze thierische Wärme sich zerstreut hat.

27) Nach diesen Erfolgen mit grossen und kleinen Thieren aller Art, sowohl lebenden nnd nnverletzten, als getödteten, bisweilen enthanpteten und in verschiedener Art zerschnittenen, und in jedem grossen abgetrennten Gliede, nnd fast immer ohne die von *Galvani* geforderte Zubereitung, d. h. ohne Entblössung des Nerven, wollte ich weiter gehen und kleine Gliedmassen, einen einzigen Muskel nnd kleine Stücke eines Muskels dem Versnch nnterziehen; der erzielte Erfolg hat mich zu neuen Entdeckungen geführt, die ich bald auseinandersetzen werde, nach Beschreibuug einiger dieser Versuche.

28) Versnch *E*. Ich habe bald ein Bein mit dem Schenkel, bald das Bein allein, bald ein halbes oder ein Viertel des Beines eines Frosches abgeschnitten; wenn ich nun wie gewöhnlich ein Zinnblättchen anf das abgetrennte Stück brachte, und auf einen anderen Theil das Silberblatt, und nun die Belegungen unter einander verband, erhielt ich stets Zucknngen nnd Bewegungen. Ich habe einen einzelnen Muskel abgetrennt, z. B. den glntaeus oder den gastrocnemius; ein anderes Mal nahm ich ein Stück, nicht grösser als ein Gerstenkorn; wiederum dieselben Wirkungen, sehr lebhafte krampfartige Zuckungen

dieser Muskeln oder Muskelstücke, sobald der Kunstgriff zweier verschiedener Metallbelegungen angewandt ward, u. s. w.

Versuch *F.* Ich habe die Versuche wiederholt mit einem ganzen Bein, mit der Hälfte und einem Drittel des Beines, mit einem einzigen Muskel, mit einem Stückchen eines Muskels, sei es vom Huhn oder anderen Vogel; mit einem Stück des glutaeus eines Kaninchens, eines Schafes u. s. w., [**29**] nnd erzielte denselben Erfolg, wenn nur das Fleisch eine merkliche Wärme sich erhalten hatte (26).

29) Man erhält also sehr starke Zucknngen in den Muskeln der Warmblüter, wie bei Kaltbütern und in allen Theilen, die von den Muskeln abgetrennt werden; man erregt sie durch den einfachen Kunstgriff der verschiedenen Metallbelegungen, die auf den Muskeln selbst angebracht werden, gauz ohne Zubereitung der Nerven, selbst ohne sie irgendwie zu entblössen. Anderswo haben wir gesehen, dass man sie durch dasselbe Mittel der Anbringung der Belegungen an zwei benachbarten Stellen des Nerven allein ebenso erregt (19 und 20, Versuche A und B), woraus ich schliessen darf, dass es nicht erforderlich ist, dass eine elektrische Entladung zwischen Nerv und Muskel statt habe oder dass das elektrische Flnidum vom Innern nach dem Aeussern des Muskels sich bewege, wie *Galvani* annimmt, oder umgekehrt; und dass der Muskel ganz und gar nicht mit der Leydener Flasche und ihrer Entladnng in den fraglichen Versuchen zu vergleichen sei. Was soll denn hier ähnlich sein oder analog der Leydener Flasche, wenn die beiden Metallbelegungen, die mit einander leitend verbunden werden, dicht bei einander auf einem und demselben Nerven sich befinden (Versuch A und B) oder an der Aussenseite zweier ähnlicher Muskeln oder auf demselben Muskel (Versuch C, D, E, F); man mnss zugestehen, dass es eine unnöthige Anstrengung wäre, hier eine Analogie mit der Leydener Flasche aufrecht zu erhalten.

30) Versuch *G.* Ich bedeckte die beiden Schenkel eines Frosches an genau einander entsprechenden Stellen mit zwei Blättern, ans Silber und aus Zinn, [**30**] verband beide Belegungen durch einen Leitungsbogen und erhielt die gewöhnlichen Bewegungen.

31) Verhält sich das so, so frage ich, ob hier sich zwei Leydener Flaschen entladen, bei Verbindnng zweier homologer Oberflächen? Verlassen wir doch diese Vorstellnngen von Flaschen und ihren Entladungen, sowie jede erzwnngene Er-

klärung, sagen wir lieber, dass hier, wie in analogen Versuchen, das elektrische Fluidum von dem einen zu dem anderen gehörig belegten Theile sich ergiesse; es ist ein Transport, der nicht durch einen Ueberschuss dieses Fluidums erwirkt wird, da ein solcher doch nicht zwischen gleichen Theilen vorausgesetzt werden kann, sondern durch die Verschiedenheit der Belegungen, denn es müssen verschiedene Metalle sein, wie ich das gezeigt habe (20, 21, Versuch B und C) und immer wieder betone. Und in der That,

32) Versuch *II.* Wenn zwei Muskeln oder zwei Stellen eines einzigen Muskels gleicherweise belegt sind, d. h. mit zwei Platten eines und desselben Metalles, gleich auch in Bezug auf Härtung, Zähigkeit oder Festigkeit, Politur oder Rauhigkeit ihrer Oberflächen, und in gleicher Weise angebracht, so kann man sie noch so viel durch einen Leiter verbinden, es tritt keine Zuckung und keine Bewegung ein.

33) Ich bekenne, es ist nicht leicht zu verstehen, wie und warum die einfache Anwendung zweier ungleicher Belegungen, d. h. verschiedener Metalle, auf zwei ähnliche Stellen des Thieres und sogar auf zwei sehr nahe Punkte irgend eines Muskels, das Gleichgewicht des elektrischen Fluidums stört, und aus seiner Unthätigkeit heraus zwängend, unaufhörlich von einer Stelle zur anderen treibt: [**31**] dieser Strom tritt sofort ein, sobald ein Leiter die beiden Belegungen verbindet, und er beharrt ebenso lange, als jene Verbindung dauert. Sei nun die Ursache begreiflich oder nicht, es ist eine Thatsache, die die Versuche genügend beweisen, sowohl die mitgetheilten, als die vielen anderen, die ich noch mittheilen werde, denen ich eine Erklärung anzuschliessen versuchen will. Es ist das eine Thatsache, die wir den bereits bekannten aus der Elektricität hinzufügen müssen; eine ausserordentlich sonderbare Thatsache, die schwer mit den bekannten Gesetzen zu vereinbaren ist. Es ist wirklich ein neues sehr merkwürdiges Gesetz, das ich entdeckte; ein nicht der thierischen, sondern der gemeinen Elektricität zugehöriges Gesetz, denn der elektrische Strom, der keineswegs momentan ist, wie eine Entladung es wäre, sondern andauernd, solange die Verbindung zwischen den beiden Belegungen besteht, der auch auftritt, seien nun die Belegungen an lebenden oder todten Theilen angebracht oder an anderen nicht metallischen Leitern, aber hinreichend guten Leitern, wie Wasser, oder feuchte Körper. Aber ehe ich die Versuche beschreibe, die alles dieses, was ich behaupte, entscheidend

beweisen, muss ich noch ein wenig bei den schon mitgetheilten verweilen (20 bis 32.)

34) Zunächst scheint es nach diesen Versuchen, dass man mittelst des einfachen Kunstgriffes der verschiedenen Belegungen starke Zuckungen in allen Muskeln aller Thiere, solange sie noch einige Lebenskraft zeigen, erregen könne. Solch ein Schluss wäre indess doch zu allgemein und der Versuch selbst hat, mitten in den zahlreichen Beweisen, mich gelehrt, dass man einige Einschränkungen gelten lassen muss, [**32**] sowohl in Hinsicht auf Klassen und Arten der Thiere, als auch in Bezug auf die verschiedenen Muskeln eines jeden Thieres.

35) Zunächst in Betreff der verschiedenen Klassen der Thiere: obgleich sehr beständig alle Vierfüssler, Vögel, Fische, Reptilien und Amphibien, die ich den Versuchen unterzog, die beschriebenen Erscheinungen zeigten, so haben doch die Würmer im Allgemeinen und mehrere Insecten versagt. Ich habe vergeblich versucht, Erdwürmer, Blutegel, nackte Erdschnecken und Schnecken, Austern und verschiedene Raupen zu reizen; selbst durch kleine und mittlere Funken und Entladungen künstlicher Elektricität habe ich nie auch nur die geringste Bewegung erhalten können. Ich verfuhr folgendermaassen:

Versuch *I.* Ich brachte das Zinnblatt und die Silberscheibe auf verschiedene sowohl innere als äussere Theile dieser Schnecken, Blutegel, Erdwürmer, etc. so gut wie immer möglich; ich habe die Verbindung der Belegungen hergestellt, bald durch Berührung, bald durch ein drittes Metall als Leitungsbogen; ich habe aber niemals die geringste Bewegung in irgend einem Theile ihrer Körper hervorrufen können.

Versuch *L.* Ich habe durch ihren Körper, der isolirt war oder nicht, ziemlich starke Flaschenentladungen, die einen mässigen Funken gaben und die ich mässig als Erschütterung verspürte, streichen lassen, sie wurden aber nicht merklich erregt; es traten keine Zuckungen oder Bewegungen ein.

36) Sollten denn die unvollkommeneren Thiere, die ganze Klasse der Würmer und mehrere Insecten nicht diese Empfindsamkeit und Erregbarkeit besitzen, diese elektrische Beweglichkeit, [**33**] wenn ich mich so ausdrücken darf, deren die vollkommeneren Thiere theilhaftig sind? Ich möchte noch nicht diesen allgemeinen Schluss aus meinen Versuchen, die ich bis jetzt nur auf einen kleinen Theil Würmer und Insecten ausgedehnt habe, ziehen. In Bezug auf letztere habe ich ohne viel Mühe Erfolg gehabt mit Krebsen, Käfern, Heuschrecken,

Schmetterlingen und Fliegen. Es wird nicht überflüssig sein zn beschreiben, wie ich mit diesen Thieren mein Ziel erreichte, die Versnche sind schwierig, bald wegen der Kleinheit der Thiere oder wegen der Schuppen und Schalen, die sie bedecken.

Versnch *M.* Nachdem ich den Kopf der Fliege, des Schmetterlings, des Käfers, etc. abgerissen hatte, spaltete ich mit einem Federmesser oder mit einer kleinen Scheere den Rnmpf und brachte tief in die Spalte, nahe am Halse, ein Zinnblättchen an (das sogenannte Silberpapier genügt vollkommen) und etwas niedriger nnterhalb nnd weiter nach vorne im Inneren die scharfe Kante eines Silberblattes oder einer kleinen Münze; wenn ich nnn diese bis zur Berührnng mit dem Zinnblättchen vorschob, fingen die Beine an sich zn bengen, zn zappeln, nnd auch andere Theile, selbst der Rnmpf bewegte sich. Sehr interessant ist es, auf diese Weise das Zirpen einer Grille zn erregen, etc.

37) Es wäre also sehr unrichtig, die Insecten zu den Thieren zn zählen, die, wie die schon angeführten Würmer, einer elektrischen Fähigkeit entbehren. Wenn die Ranpen sich so verhalten, so kann man sagen, dass in diesem Larvenznstande, ehe sie durch Umwandlung neue Organe erhalten haben, sie, ebenso wie in manch anderer Hinsicht, den Würmern gleichen, [**34**] so anch in dieser, keine elektrische Empfindlichkeit zn haben.

38) Wenn ich schliesslich meine Meinung äussern darf, so sind bloss die Thiere empfindsam, die nnterschiedliche Glieder, Gelenke und Mnskeln znr Bewegung haben, Mnskeln, die man Benger und Strecker nennt, und Nerven, die sie regiren; sie werden von einer starken, krampfartigen Bewegung ergriffen, sowohl dnrch kleine Entladnngen künstlicher Elektricität, wie anch dnrch den schwachen Strom, wie er durch die einfachen verschiedenen metallischen Belegungen erzengt wird; Zuckungen und Krämpfe, die Bewegungen, sowie heftige Erregung der Glieder zur Folge haben. Die Würmer hingegen, nnd diejenigen Insecten, die keine dentlichen Glieder haben, keine eigentlichen Gelenke, oder denen die Bengemuskeln fehlen, oder die nur einer wurmartigen Bewegung fähig sind, werden nicht durch solch eine Elektricität erregt. Es herrscht hier eine ganz andere thierische Oekonomie, eine ganz andere Mechanik der Bewegungen, ein Verhalten, das man in mehreren Gattungen sehr gut erkannt und erklärt hat. Das sind meine noch etwas

vagen Vorstellungen, die ich auf meine Versuche gründe; solche sind es in der Folge, die eine Bestätigung oder Berichtignng bringen müssen.

39) In Hinsicht anf die verschiedenen Muskeln eines Thieres kann ich etwas sichereres darbieten. Ich behaupte also, dass durchaus nicht alle Muskeln einer Contraction fähig sind in Folge der schwachen elektrischen Wirkung, nm die es sich handelt. Man muss einen grossen Unterschied machen, je nach ihrer Fnnction in der thierischen Oekonomie; nicht alle gehorchen dem Willen und nicht alle dienen den Bewegungen; denn nur solche können krampfartige Zuckungen durch die beschriebenen Mittel ausführen. [**35**] Nnr die dem Willen gehorchenden Muskeln habe ich einer Erregung und Bewegung fähig gefunden bei Anwendung dieses schwachen durch einfache Berührung zweier verschiedener Metalle erzeugten elektrischen Stromes; ganz und gar nicht aber die anderen Muskeln, auf die der Wille keinen nnmittelbaren Einfluss hat, wie die des Magens, der Eingeweide etc., selbst die des Herzens, das sonst so erregbar ist. Die Muskeln des Zwerchfells aber wohl (nnd das errieth ich vor meinem Versuche), denn sie gehören zn den vom Willen abhängigen.

Versuch *N*. Es ist sehr auffallend, dass ein Stück Muskelfleisch z. B. vom Schenkel eines Schafes, das eine Stunde oder eine halbe Stunde vorher getödtet ist, anch wenu schon fast ganz erkaltet, wo es auf keinen mechanischen oder chemischen Reiz mehr reagirt, doch von einem elektrischen Strome, der durch dasselbe hindurchstreicht, stark erregt und von starken krampfartigen Bewegungen erfasst wird; dass im Gegentheil das frisch dem Thiere entnommene Herz, wenn es noch warm und sehr reizbar ist, ebenso behandelt und anch mit best angelegten Metallbelegen versehen, nach Verbindung der Leiter gar keine Erregung zeigt; dass die Schläge, wenn sie ermatten, nicht stärker werden und, wenn sie ganz aufgehört haben, nicht wieder erweckt werden, während das doch geschieht mittelst der schwächsten mechanischen oder chemischen Reizmittel.

40) Das elektrische Fluidnm, welches der eigentliche Erreger der dem Willen unterstellten Muskeln ist, ist es keineswegs für das Herz nnd für andere nicht dem Willen unterstellte Bewegungsmuskeln. [**36**] Was aber wird man sagen, wenn ich zeige, dass dieses Fluidum auch nicht die unmittelbare Ursache ist der Bewegungen der Willensmnskeln; dass auch bei diesen er nur die unmittelbare Ursache ist, denn die

Nerven allein sind unmittelbar erregbar? Das haben mich mehrere Versuche gelehrt, in Folge deren ich auf die schönsten und weitesten Ideen verzichten musste. Ich hatte gerne mit *Galvani* angenommen, dass das in den Organen in Bewegung gesetzte elektrische Fluidum allemal, wenn es in die Muskeln tritt und sie mit gewisser Kraft trifft, den Erreger spiele und die ihnen eigenen Bewegungen hervorrufe; dass alle Muskelbewegungen in Folge Eintritts solch eines elektrischen Fluidums erfolgten, sowohl bei Anwendung künstlicher als natürlicher thierischer Elektricität; dass endlich die Bewegungen, die in der lebendigen Thiermaschine vorkommen, wenigstens die willkürlichen, auf ein und dieselbe Ursache zurückzuführen seien, nämlich auf die unmittelbare Wirkung des elektrischen Fluidums auf die Muskeln. Aber ich wiederhole es, ich musste nicht ohne Bedauern, auf alle diese schönen Einbildungen, durch welche wir die Sachen so wunderbar schön zu erklären gedachten, verzichten. Man muss in der That die Wirkung der Elektricität in den Thieren sehr einschränken und sie unter einem anderen Gesichtspunkte betrachten, nämlich bloss als fähig den Nerv zu erregen, wie ich schon gesagt habe und jetzt noch beweisen werde.

41) Zunächst dass sie auf die Nerven wirken könne und wirklich wirke, und dass diese letzteren durch die Elektricität die von ihnen abhängigen Muskeln erregen, ohne dass der elektrische Strom die Muskeln erreicht, das ist eine Thatsache, die keines weiteren Beweises bedarf nach denen der Versuche *A.* und *B.* (19. und 20.) [**37**] Ja selbst nach einem Versuch *Galvani*'s, seinem allerersten und, seinen Berichten gemäss, dem Anlass zu allen folgenden. Man sieht deutlich, dass sowohl im Versuch des Professors von Bologna, wie auch in den meinigen soeben erwähnten der elektrische Strom nur einen Theil des Cruralnerven, aber keine Beinmuskeln durchläuft; da diese aber von jenem Nerven abhängen, so gerathen sie in Zuckungen.

42) Ich gehe noch weiter und behaupte, dass selbst in dem Falle, wo der elektrische Strom (man verstehe wohl, dass ich nur von schwachen künstlichen Entladungen rede oder von dem schwachen durch einfache Anbringung verschiedener Metallbelegnngen erzeugten Strome) die einer Bewegung fähigen Muskeln trifft und durchdringt, er nicht unmittelbar die Erregung der Muskeln hervorbringt, sondern indem er den Reiz ihrer Nerven bewirkt. Das lehren schon meine Versuche *C.*

und *D.* (21 und 23.), wo die Zinn- nnd Silberblätter nnmittelbar an den Mnskeltheilen des Thieres anliegen; dann sind es nicht die von den beiden Metallen bedeckten Mnskeln, die sich am heftigsten zusammenziehen, sondern die von einem Hauptnerven abhängigen, der sich in der Nähe der einen oder der anderen Metallbelegung befindet. Wenn z. B. beim Frosch das Zinnblatt auf den Nieren angebracht ist, wo in geringer Tiefe die Beinnerven verlaufen, so werden die Beinmuskeln in heftige Znckungen versetzt, mehr als alle anderen, mehr selbst als diejenigen, die der anderen Belegnng, dem Silberblatt nämlich, anliegen. Dasselbe habe ich schon bemerkt bei Vierfüsslern, Hnnden, Schafen, etc. in Hinsicht auf den Nervus ischiaticus, [38] (Versnch D.) ich muss nur hinzufügen, dass das Bein nicht aufhört erschüttert zu werden, wenn der Nerv unter Fleisch und anderen Hüllen nicht gar zu sehr versteckt ist und man in gehöriger Weise eine Metallbelegung anbringt; selbst wenn man die andere Belegung weder am glutäns noch an einem anderen Beinmuskel, sondern an irgend einem ganz anderen, nur nicht gar zu sehr entfernten anbringt. Und zwar aus folgendem Grunde:

Versuch *O.* Wenn man beim Frosch oder bei einem anderen kleinen Thiere das Zinnblatt über die ganze Länge der Wirbelsänle ausbreitet, wo alle Nerven des Rnmpfes und der Glieder ihren Ursprnng nehmen, während die andere Belegung an irgend einem anderen Theile angebracht ist, so werden alle Glieder heftig erschüttert, die Muskeln nicht nur der Beine, sondern anch die des Banches nnd Rückens erleiden krampfartige Znckungen, selbst der Rumpf krümmt sich und bildet einen Bogen; kurz die Znckungen sind allgemein. Bei einer Eidechse ist der Versuch noch entscheidender als beim Frosch, ich will ihn beschreiben.

Versuch *P.* Ich schnitt einer Eidechse den Kopf ab, entblösste die Rückenmuskeln durch Abdeckung der Haut, brachte ein Zinnblatt am Rumpfende an, so dass dieses Blatt ein wenig über die Schnltern sich erhob nnd legte eine Silbermünze mitten auf das Rückgrat; endlich liess ich die Münze bis znr Berührung mit dem Blatte hingleiten. Sofort bewegten sich die Beine, der Schwanz krümmte sich vielfach zusammen, der ganze erregte Körper krümmte sich nnd ward von rechts nach links, von links nach rechts geworfen. Ist das nicht Folge der Reizung des oberen Theiles des Rückenmarkes, dem. Hauptausgange der Nerven?

43) Auf ähnliche Weise kann man denselben Erfolg erhalten bei einer Maus, einem kleinen Vogel, etc., [39] man muss aber nicht nur die Oberhaut und andere Hüllen entfernen, sondern auch das Fleisch, um so mehr, je fleischiger der Rücken ist und je mehr die Hauptnerven und das Mark durch dieses Fleisch und selbst durch die Knochen der Wirbelsäule verdeckt sind. Es ist in der That leicht verständlich, dass der von den beiden Belegungen erzeugte elektrische Strom, der nur eine gewisse Tiefe in den Theilen des Thieres erreicht, kaum das Rückenmark wie die Hauptzweige der Nerven, die ins Innere der Glieder eintreten, erreicht, wenn die Knochen, das Fleisch und andere Hüllkörper eine beträchtliche Dicke haben. Man begreift auch, warum bei den grossen Thieren, Hunden, Schafen etc., es nicht gelingt, in dieser Weise Bewegungen in allen Gliedern hervorzurufen, ich meine durch Anbringung der beiden Belegungen am Rücken, auch wenn er von Fleisch entblösst ist. Die dicken Nervenstränge bleiben noch zu sehr versteckt und eingebettet; es liegen nur einige Zweige dicht unter den Belegungen und diese Zweige verlaufen meist nur bis zu gewissen benachbarten Theilen; in Folge dessen entstehen gewöhnlich nur Zuckungen und oberflächliche Erzitterungen in diesem oder jenem Muskel. Wenn zufällig ein ganzes Glied in Bewegung geräth, so ist der Nerv, der in sein Inneres eintritt und diese Bewegung beherrscht, wenig versteckt, eine leichte Decke, eine dünne Schicht bedeckt ihn, es sind nur dünne Fasern, die ihn von einer Metallbelegung trennen; so in den Versuchen von *D.* an (24 u. ff.), wo es um starke Bewegungen im Bein eines Hundes oder Schafes hervorzurufen genügte, eine der Belegungen nahe am Nervus ischiaticus anzubringen, [40] und je näher man an diesen herankam nnd je dünner die Fleischhülle war, um so stärker waren die Bewegungen.

44) Man muss also die Lage des Nerven kennen, ihren Verlauf u. s. w., man muss nicht nur die Hüllen, das Fett, sondern auch einen Theil des Fleisches, der die Nerven bedeckt, entfernen, man muss wenigstens diese Schicht möglichst vermindern, ehe man die Metallbelegungen anbringt, wenn man bei grossen Thieren Bewegungen bestimmter Glieder oder Zuckungen und oberflächliche Erzitterungen einiger Muskeln erhalten will. Es ist vielleicht unmöglich, die Bewegungen in allen Gliedern auf einmal zu erzeugen; während das bei kleinen Thieren nicht schwierig ist, wie wir oben gesehen haben (42,

Versuch *O* und *P*), indem man nur die Haut oder einen Theil der Decke entfernt; letzteres ist beim Frosch nicht einmal nöthig, denn die Haut kann unversehrt bleiben, da sie sehr dünn und feucht ist und daher durch ihre Zwischenlagerung nicht hindert, dass der elektrische Strom die Hauptnerven oder das Rückenmark treffe.

45) Muss man aber den Verlauf der Hauptnerven beachten, um die Bewegung in den verschiedenen Gliedern zu bestimmen, auch muss man andererseits die Stellung der Metallbelegungen in Bezug auf die Muskeln berücksichtigen; denn die dazwischen liegenden und näher zu einer der Belegungen befindlichen sind im Allgemeinen mehr den krampfartigen Zuckungen unterworfen und zuweilen treten nur in ihnen die Bewegungen auf; so z. B. wenn die Belegungen keinem grossen Nerven entsprechen oder wenn solche vorhanden sind, sie doch gar zu sehr umhüllt und versteckt liegen.

[41] 46) Dieses sowie die Versuche *E*, *F* (28), wo ein einziger Muskel und sogar ein Stück eines Muskels, wie gewöhnlich behandelt, unablässig starke Zuckungen zeigt, könnten den Glauben erwecken, das elektrische Fluidum erzeuge diese Bewegungen durch Reizung der Muskelfasern selbst, ohne Vermittelung der Nerven; die Thätigkeit dieser letzteren wäre alsdann keine primäre, auch keine durchaus nothwendige, wie ich behaupte. Aber der diesen Beispielen entnommene Beweis ist nicht stichhaltig, so lange man nicht zeigt, dass in diesen Muskeln oder Muskelstücken keine Nerven vorhanden sind; denn ist das der Fall (und sicherlich müssen da welche sein, denn Zweige giebt es in jedem empfindsamen Theile, ich möchte fast sagen, in jeder Muskelfaser), so kann ich immer behaupten, dass es immer die Nervenfasern sind, die in dem Muskel verlaufen, die unmittelbar vom elektrischen Strom, der in sie eindringt, erregt werden; dass dieses Fluidum seine Wirkung auf die äusserst empfindsamen Nerven ausübt, eine Wirkung, die eben dort ihr Ende erreicht, während die Nerven die ihre auf die Muskeln ins Spiel setzen, etc. Ich kann, sage ich, mit genügender Wahrscheinlichkeit behaupten, dass das elektrische Fluidum als solches keinen Einfluss auf die Erscheinungen der Muskelzuckungen habe, sofern es nur die Nerven erregt; kurz dass es nicht die unmittelbare Ursache ist. Diese Behauptung, die die dargelegten Verhältnisse mehr als wahrscheinlich erscheinen lassen, ist ganz direct und in deutlichster Weise, wie ich zeigen werde, durch viele Versuche bewiesen, die ich an der Zunge

angestellt habe; Versuche, die mich zu anderen, gleichfalls interessanten und merkwürdigen Entdeckungen geführt haben.

47) Nachdem ich tonische Bewegungen in Muskeln und Gliedern nicht bloss bei kleinen, sondern auch bei grossen Thieren erlangen konnte, [**42**] und zwar ohne irgend einen Nerv blosszulegen, durch einfache Anlegung verschiedener Metalle auf die ihrer Hülle entkleideten Muskeln, so dachte ich bald daran, ob es nicht möglich sein sollte, dasselbe beim Menschen zu erreichen. Ich begriff, dass es in amputirten Gliedern leicht gelingen dürfte; wie sollte ich aber verfahren beim ganzen, lebenden Menschen? Auch hier hätte ich die Hüllen aufzudecken, tiefe Einschnitte zu machen, einen Theil des Fleisches zu entfernen, da wo man die Metallbelegungen anbringen wollte (wie solches oft bei grossen Thieren an den vom Fleisch entblössten Stellen geschehen musste). Glücklicher Weise verfiel ich darauf, dass wir an der Zunge einen nackten Muskel haben, der wenigstens so dicker Hüllen entbehrt, wie sie den äusseren Körper bedecken, dabei einen sehr beweglichen Muskel und dem Willen unterthan. Hier, sagte ich, sind alle Bedingungen erfüllt, um lebhafte Bewegungen zu erzeugen mittelst des gewöhnlichen Kunstgriffes der Belegungen verschiedener Metalle. Von diesem Gesichtspunkte aus machte ich mit meiner eigenen Zunge folgenden Versuch:

48) Versuch *Q*. Ich bedeckte die Zungenspitze und einen Theil ihrer Oberfläche, einige Linien breit, mit einem Zinnblättchen (das sogenannte Silberpapier genügt hierzu), den erhabenen Theil eines silbernen Löffels legte ich mehr nach vorn auf die Zungenfläche, dann neigte ich den Stiel bis zur Berührung mit dem Zinnblättchen. Ich erwartete nun ein Erzittern der Zunge; deshalb machte ich den Versuch vor einem Spiegel. Aber die vorhergesagten Bewegungen traten nicht ein; statt dessen erhielt ich eine in keiner Weise erwartete Empfindung; und zwar einen ziemlich starken saueren Geschmack auf der Zungenspitze.

[**43**] 49) Das überraschte mich anfänglich sehr; nach einigem Nachdenken aber begriff ich recht wohl, dass die in der Zungenspitze endenden Nerven der Geschmacksempfindung dienen, keineswegs aber den Bewegungen dieses sehr beweglichen Muskels; daher war es ganz natürlich, dass der elektrische Reiz einen Geschmack erzeugte und nichts anderes; um in der Zunge Bewegungen, deren sie fähig ist, hervorzurufen, müsste man die eine der Metallbelegungen nahe der Wurzel

anbringen, wo die Bewegungsnerven verlaufen; das wurde bald durch folgenden Versuch bestätigt:

50) Versuch *R.* Einem kürzlich geschlachteten Schafe wurde die Zunge nahe ihrer Wurzel abgeschnitten, auf die Schnittfläche ward eine Zinnplatte angelegt, der Silberlöffel auf eine der Oberflächen; wurde nun die Verbindung hergestellt zwischen den beiden Metallbelegungen, so sah ich zu meiner Freude die ganze Zunge lebhaft erzittern, die Spitze sich erheben, sich hierhin und dorthin krümmen, jedesmal und solange die Verbindung statthatte.

51) Ich habe diesen Versuch mit einer Kalbszunge wiederholt, nachdem ich wiederum in derselben Art das Zinnblättchen nahe der Wurzel angebracht und die ganze Zunge auf eine silberne Schüssel, die als Belegung diente, gelegt hatte; der Erfolg war derselbe. Ich habe ferner mit Zungen anderer kleiner Thiere, Mäuse, Hühner, Kaninchen etc., den Versuch wiederholt und fast stets mit demselben Erfolge. Ich sage fast, denn einigemal blieb er bei der Zunge kleiner Thiere aus; sei es dass das Zinnblättchen nicht gut angebracht war, [44] d. h. da wo die den Zungenbewegungen dienenden Nerven verlaufen; sei es dass die Zungen bereits erkaltet und ihre Lebenskraft erloschen war, denn diese dauert bei Warmblütern, wie ich schon bemerkte, nicht lange, besonders in der Zunge.

[177]

Dritte Abhandlung

über

Thierische Elektricität,[17])

in einem Briefe an den Herrn **Giovanni Aldini,**

Professor in Bologna.

24 November, 1792.

Vor zwei Wochen bei meiner Ankunft in Pavia erhielt ich Ihren Brief vom 22. October, in welchem Sie mir mittheilen, dass der Buchhändler *Marelli* in Mailand mir alsobald einen Abdruck von *Galvani*'s Abhandlung, der Sie verschiedene Bemerkungen hinzugefügt haben, senden werde, und eine Abhandlung von Ihnen selbst.*) Noch habe ich dieses Buch nicht erhalten; Aber ich konnte es lesen, weil mein Freund und College *Spallanzani* es mir geliehen hat; mit vielem Vergnügen habe ich sowohl Ihre Bemerkungen durchgesehen, wie auch Ihre Abhandlung, die nicht bloss sehr gelehrt, sondern auch gefällig geschrieben ist. Sie spenden ferner zu viel Lob meinen kleinen Entdeckungen: wofür ich Ihnen bestens danke; auch Ihrem Oheim, Herrn Dr. *Galvani* für die Grüsse, die er mir sendet, und für den Werth, den er mir und meinen wenigen Sachen beimisst.

[178] § 1. Ich weiss nicht, ob Sie meine beiden Abhandlungen gesehen und vollständig gelesen haben, über die thierische Elektricität, wie sie in dem Giornale Fisico-Medico veröffentlicht sind. Der Schluss des zweiten Theiles war noch nicht erschienen, als Sie eine neue Ausgabe des Commentars von

*) *Aloysii Galvani*: De viribus Electricitatis in motu Muscolari Commentarius, cum *Joannis Aldini* Dissertatione et notis. Accesserunt Epistolae ad Animalis Electricitatis theoriam pertinentes, Mutinae, MDCCXCII.

Galvani veröffentlichten und zugleich Ihre Anmerknngen und Ihre Abhandluug. In diesem zweiten Theile gehe ich daran zu zeigen, dass die Elektricität auf Nerven nnd nur anf Nerven direct wirkt, sei sie nun künstlich erzeugt oder thierischen Ursprungs; dass es ferner keineswegs nöthig sei, dass die Elektricität von den Nerven bis zn den Muskeln laufe; dass noch viel weniger ein Strom einer Entladung zwischen Muskeln und Nerven statthabe oder zwischen der Innen- nnd Aussenseite jener, wie solches der Autor behauptet: dass es ferner genüge, den Nerv allein zn erregen, von dem nnr ein kleines Stück vom Strom dnrchlaufen zu werden braucht, weil, wenn vom Nerven die Wirkuug von selbst hervorgerufen wird, (in welcher Weise das geschieht, bekennen wir nicht zn wissen) die Contractiou des Muskels erfolgt: dass überhaupt der elektrische Strom nicht die nnmittelbare Ursache der Muskelcontractionen ist, als ob diese direct erregt würden, sondern nnr mittelbar die entferntere Ursache, sofern der Strom nur die Nerven erregt. Wenn das sich so verhält, wie in meinen angeführten Abhandlungen gezeigt wird, so fallen zum grossen Theile die Theorie uud die Erklärungen *Galvani*'s, die Sie zu stützen versuchen, ja das gauze Gebäude wird eine Ruine. [**179**] Immerhin bleibt das Material, die schönen Entdeckungen, die er in seinen ersten Versuchen gemacht hat, sowie die neueren Entdeckungen, zu denen jene ersten führten; es bleibt dieses kostbare Material für ein neues Gebäude, das, wenn nicht schöner, so doch beständiger auf jenem Fundamente errichtet werden kann.

§ 2. Unter den vielen Versuchen, die es beweisen, dass das Spiel zwischen den Nerven verläuft nnd dass, um die Muskeln contrahiren oder ein ganzes Glied sich bewegen zu lassen, ein schwacher Strom hinreicht, der in wenigen Punkten des betreffenden Nerven eintritt und nnr einen Theil desselben durchläuft, ja sogar einen sehr kleinen, während der übrige Theil keinen Strom erhält, und vollends der Muskel keineu; nnter den vielen Experimenten, welche dieses beweisen, habe ich einige schon beschrieben in der zweiten der oben angeführteu Abhandlungen von § 55 au bis zum § 60, und einige andere durch ihre Einfachheit bemerkenswerthe gestatten Sie mir hier mitzutheilen.

Nach Entblössuug eines oder beider Cruralnerven eines Frosches oder des Ischiaticus eines Schafes oder anderen Thieres berühre ich oder drücke den Nerv mit dem Rande

einer Silber- oder Gold-Platte, z. B. einer Münze; ich sehe, dass Nichts erfolgt (zuweilen wird eine Zuckung in den ersten Momenten, wenn der Nerv eben entblösst und noch so empfindlich ist, dass er bei jeder kleinsten Berührung reagirt; aber bald giebt er kein Zeichen mehr, weder bei der Berührung noch beim Drücken: und in diesem Zustande behandle ich ihn in der zu beschreibenden Weise); ich berühre und drücke ihn mit dem Rande einer Zinnplatte, und wiederum sehe ich Nichts; [**180**] endlich berühre ich ihn mit den Rändern beider Platten: und sofort entstehen die stärksten Contractionen der Beinmuskeln, so dass das ganze Bein erschüttert und gestossen wird. Berühre ich in derselben Weise die Spitze meiner Zunge, so empfinde ich einen lebhaften Geschmack, der ausbleibt, wenn ich das eine oder andere Metall allein beleeke: ich war sehr überraseht, diesen Versuch schon bei *Sulzer* zu finden. Solche Versuche an Nerven können sehr variirt werden, und einer der schönsten ist der folgende: man drückt den Nerven mit der Silbermünze, verbindet mit dem Silber ein Stückchen Zinn und berührt mit letzterem den Nerv: im Momente wo der doppelte Contact besteht, entstehen heftige Contractionen der Muskeln, und das zwar jedesmal bei jeder wiederholten Berührung, aneh halten sie lange an, fast ohne Unterbreehung, wenn der doppelte Contaet fortbesteht; nicht anders ist es mit der Geschmaeksempfindung; ferner bei fortgesetzter Berührung mit beiden Metallen steigen die krampfartigen Convulsionen aufs höehste und bieten einen der stärksten Tetanusse dar, wenn man nieht beständig beide Metalle heranhält, sondern nur das eine, während man mit einiger Geschwindigkeit das andere wiederholt heranbringt. Statt eines Stanniolblattes benutze ich oft jenes Papier, das man Silberpapier nennt, was aber nur ein mit Zinn überdecktes Papier ist (falls es rein ist und glänzend wirkt es besser als Zinn), [**181**] ieh beaehte stets, dass die Berührung mit dem Silber wie mit dem Nerven eine gute sei. Damit nicht etwa das Papier zur Berührung gebraeht werde, falte ieh das Blatt zusammen, so dass ieh nach aussen stets Metall habe, aueh kehre ich immer die Falte dem Silber zu und erlange eine gute Berührung.

§ 3. Es ist klar, dass in allen diesen Versuchen nur die Nerven erregt werden, ja es werden sogar nur wenige Punkte auf kurzer Streeke berührt, die vom elektrischen Strome durchsetzt wird; es ist klar, dass die Ursache dieses elektrischen Stromes die Metalle selbst sind: sie sind im eigentliehen Sinne

Erreger und Motoren der Elektricität, während das thierische Organ, ja die Nerven selbst passiv sind.[18]) Die Nerven nun werden vom elektrischen Strom gereizt, und wenn es die unter der Zungenspitze sind, die dem Geschmack dienen, so entsteht auch eine Geschmacksempfindung.*) Wenn dagegen solche Nerven gereizt werden, [182] die Muskelcontractionen regieren, wie Bein- oder Armnerven, so entsteht richtig deren Thätigkeit: sie werden bewegt, nicht weil etwa ein elektrischer Strom bis zu den Beuge- und Streckmuskeln gelangt, denn solches findet in unserem Versuche nicht statt, da nur ein kleines Stück vom Nerven vom Strome durchsetzt wird; sondern in Folge einer Eigenheit und besonderen Fähigkeit der Nerven, die Muskeln zu regieren, so dass, wenn die ersteren erregt werden, die letzteren ihre Erregbarkeit zeigen.

§ 4. Ich sagte vorhin, ich sei sehr überrascht gewesen, dass schon vor so langer Zeit jener Versuch mit dem sauren Geschmack bekannt gewesen sei, der auf der Zunge erregt wird, wenn mán auf ihrer Spitze die Ränder zweier Platten anbringt, einer von Blei und einer von Silber, so zwar, dass sie sich gegenseitig berühren. Dieser Versuch, vor mehr als 25 Jahren von Sulzer beschrieben, war mir aber unbekannt**) und Ihnen verdanke ich die Kenntniss davon, da Sie in Ihrer Abhandlung im § 21 den bezüglichen Abschnitt fast vollständig wiedergeben. [183] Dieser liebenswürdige Schweizer Naturforscher und berühmte Berliner Akademiker, den ich zu kennen und mit dem in den letzten Jahren seines Lebens ich freundschaftlich zu verkehren Gelegenheit fand, der hatte sich in seinen metaphysischen und physiologischen Speculationen eine ganz andere Vorstellung und ganz andere Erklärung der Erscheinung gebildet, wie man aus dem ganzen Abschnitt erkennt***), er hatte nicht den geringsten Verdacht, dass der

*) Werden andere Sinnesnerven gereizt, z. B. des Gesichtes, so wird eine Lichtempfindung wahrgenommen, wie ich bald nach Abfassung jenes Briefes entdeckte, was bereits veröffentlicht ist.

**) Nouvelle Théorie des Plaisirs, par M. *Sulzer*, avec des Réflections sur l'Origine du Plaisir, par *M. Kaestner*, 1767.

***) »Diese Vorstellung wird durch einen ziemlich merkwürdigen Versuch bestätigt. Verbindet man zwei Platten, die eine von Blei, die andere von Silber, so zwar dass die beiden Platten in einer Ebene liegen, und man nähert sie der Zunge, so wird man einen Geschmack empfinden, der an Eisenvitriol erinnert, während jedes Stück Metall für sich nicht den geringsten Geschmack verursacht. Es ist nicht wahrscheinlich, dass durch diese Verbindung zweier

elektrische Strom die Ursache sei, der durch die Berührung jener ungleichen Metalle hervorgerufen wird nnd dass ein Strom von der einen Berührungsstelle nach der anderen lanfe, wie ich es entdeckt und bewiesen habe. Uebrigens ist es dieser eine Versnch, den man vor meinen Entdeckngen kannte, in dieser einen Form angestellt; auch scheint er niemals variirt worden zn sein nnd es ist doch nnr einer von den Hunderten, die ich in verschiedenster Art angestellt habe; [184] auch habe ich nicht mit jenem Versuche den Anfang gemacht, wie Sie anznnehmen scheinen; im Gegentheil war es einer der letzten, denen dann noch allmählich eine ganze Reihe anderer folgten, wie sie aus meinem Princip sich ergaben.

§ 5. Ich begann damit, ein breites Stück Zinnfolie anf die Znngenspitze und weiter hinten auf den Rücken der Znnge nnd nahe an ihrer Wurzel eine Silbermünze zu bringen: diese Metalle liess ich sich berühren mittelst eines beliebigen Metalldrahtes und alsobald empfand ich auf der Znngenspitze einen stark sauren Geschmack. Das war meine erste Entdeckng, der ich bald die andere beifügte, die eines entgegengesetzten, d. h. herben brennenden, zum alkalischen neigenden Geschmackes, den man fühlt (allerdings schwieriger, weil er meist schwächer und oft unmerklich ist), wenn man den Versnch nmgekehrt anstellt, d. h. die Silbermünze an die Zungenspitze bringt und das Zinn an die Wurzel oder an eine andere Stelle*). Nnn besann ich mich darauf, dass jener Kupferdraht, den ich als Verbindung anwandte, nnnöthig war, da denselben Dienst ein Theil des Silberstückes verrichten konnte oder ein Stück des Zinns, wenn man es bis zum Silber verlängert, und fand dieses Verfahren beqnemer; [185] jetzt bringe ich z. B. anf den Zungenrücken den erhabenen Theil eines Silberlöffels, berühre unten den Stiel mit dem Staniolblatt, das auf der Znngenspitze rnht; bald brachte ich das Stanniolblatt mit einem Theile der Zunge, bald mit einem anderen in Berührung. Alle solche Versnche vielfach ändernd, bemerkte ich gelegentlich,

---

Metalle irgend eines der beiden Metalle aufgelöst werde, so dass die gelösten Theile in die Znnge dringen könnten. Man mnss wohl schliessen, dass die Verbindung der beiden Metalle in dem einen oder in dem andern oder in allen beiden eine Vibration der kleinsten Theilchen hervorrufe nnd dass diese Vibration, die nothwendig die Zungennerven angreifen muss, den erwähnten Geschmack hervorruft.« Op. cit. 111, Anm.

*) Siehe meine zweite Abhandlung gegen Ende.

dass, wenn die eine Armatur auf der Zungenspitze ruhte, ich die andere ganz nahebei anf die Zunge selbst legen konnte, oder anf das Zahnfleisch oder auf das Innere der Lippe; ja dass es nicht einmal nöthig war, dass die Metalle sich in grosser Ausdehnnng berührten, dass ein Contact in wenigen Pnncten vollständig hinreiche: entsprechend meinem früheren Funde, demgemäss die kleinsten Armatnren von Silber und Zinn oder anderer Metalle, wenn sie nnr verschieden sind, hinreichen, auf einen Nerv gelegt oder selbst anf einen blossen Muskel, wenn nnr ein Rand den anderen berührt, dass das, sage ich, hinreicht, die Zncknngen hervorznrufen. So ist mir denn auch anf der Znnge der Geschmacksversnch vortrefflich gelungen mit irgend einer kleinen Münze oder mit einem kleinen anderen Blättchen von Gold, Silber, Knpfer, Messing, das ich anf die Zunge brachte, während gleichzeitig die Znnge mit dem Zinn oder Blei versehen wnrde, wonach endlich beide Metalle znr Berührnng gebracht wurden. [186] Alsdann verband ich mit einem Silberstreifen einen solchen von Zinn, entweder Rand an Rand, oder transversal nnd brachte die Zunge gegen diese Verbindnngslinie, so dass einige Punkte der Znnge das Silber, andere das Zinn berührten; der Erfolg entsprach der Erwartnng: ich empfand einen stark sanren Geschmack*). Man sieht, wie ich nach einer Reihe von Versnchen mit dem alten Experiment von *Sulzer* zusammentraf, welches isolirt dastehend mir nicht einmal bekannt war, mich daher, wie gesagt, auch nicht leiten konnte.

§ 6. Sie erkennen nun, dass ich zu meinen so sehr viel umfangreicheren Versuchen nnd znr Erklärnng des erwähnten Versnches von *Sulzer* von anderen Principien aus nnd durch andere Ueberlegnngen gelangt bin. Es ist nicht jener Versuch, den Sie für den Ausgangspnnkt halten, der mich geleitet hätte in meiner Forschnng**), dass nämlich die Nerven in Verbindnng mit dem zngehörigen Körpertheil den elektrischen Dnnst ausströmen, der, wo er den Muskeln wieder zurückgegeben wird, zn denen er strebt, eine Contraction erregt oder eine Empfindung erweckt. [187] Dass ferner beim Menschen Nerven

*) Man müsste auf der Seite des Silbers den anderen, alkalinischen Geschmack empfinden; da dieser aber verhältnissmässig schwach ist, wie oben berichtet nnd schon am Ende der zweiten Abhandlnng mitgetheilt ist, so kann man ihn nicht unterscheiden nnd es herrscht der saure Geschmack auf der Seite des Zinnes vor.

**) Siehe die Abhandlung von *Aldini*, § 21.

aufzusuchen seien, die fast offen daliegen und daher leicht zu armiren wären: solche Nerven bietet gerade die Zunge dar. O nein, das war nicht die Ueberlegung, konnte es auch nicht sein, weil ich die Belegung, allemal da ich zwei verschiedene Metalle anwende, nicht mehr als eine einfache Leitung ansehe, sondern als wahre Erreger und Motoren der Elektricität, ich hielt immer die thierischen Organe für passiv und ihre den Belegungen nahen Theile für ungleich: dass ferner weder die Nerven noch die Muskeln irgend eine Bewegung des elektrischen Fluidums von sich aus erzeugen; wohl aber die Metalle zufolge einer ihnen eigenen Fähigkeit und Kraft der Abstossung oder Anziehung gegen das Fluidum, und zwar ein Metall mehr als ein anderes, sobald sie verschieden sind, wie z. B. Zinn und Silber, die das natürliche Gleichgewicht stören und die Elektricität in Bewegung setzen.

§ 7. Dieses Alles scheint unzweifelhaft wenigstens für die Versuche, in denen, wie ich vor vielen Monaten entdeckte und in den beiden citirten Abhandlungen veröffentlichte, die Muskelbewegungen ohne Entblössung irgend eines Nerven erhalten werden, indem man entsprechende Muskelpaare oder zwei Theile eines und desselben Muskels, aber mit ungleichen Metallen belegt, die alsdann durch ein drittes Metall leitend verbunden werden. Es scheint, sagte ich, bewiesen für alle diese Versuche: denn bei den anderen, wo der Nerv nach *Galvani*'s Art entblösst und isolirt wird und die Verbindung zwischen Nerv und Muskel durch einen Leiter vermittelt wird, [188] da ist es noch unentschieden und wie ich meine sehr zweifelhaft, ob das, was Sie und der genannte Autor in allen Fällen erwarten, nicht nur einige Mal eintritt, z. B. gleich nach der Zubereitung, solange noch die Lebenskräfte in ganzer Stärke vorhanden sind, und ob der elektrische Strom, der die heftigen Zuckungen veranlasst, wirklich von einer Entladung herstammt, die durch den Ueberschuss in den Nerven oder in den Muskeln entsteht, und nach einem Ausgleich hinstrebt. Ich sage einige Mal und in den ersten Momenten, sofern man die Zuckungen auch bei Berührung der Nerven einerseits, der Muskeln andererseits mit einem einzigen Metalle, oder auch nur der Nerven allein mit einem Metalle erhält. Denn nachher (und das tritt nach wenigen Momenten ein, dauert aber alsdann lange) ist es nöthig, um Zuckungen und Muskelbewegungen zu erhalten, zu Belegungen mit zwei verschiedenen Metallen zu greifen; da ist es zu vermuthen, und ich halte es

für ganz sicher, dass jene Metalle in ursprünglicher Weise die Elektricität bewegen und dass die Organe des Thieres völlig passiv sich verhalten, wie oben erwähnt. Das ist meine beständige Meinung auch für den Fall der entblössten Nerven, die man mit einem anderen Metall berühren muss, verschieden von dem, der die Muskeln berührt, obwohl es einige seltene Fälle giebt, wo einander ähnlich scheinende Metalle angewandt werden; aber vielleicht sind sie es gar nicht in ihrem Inneren, (worüber ich Vieles bemerken könnte, was ich indess an einem anderen Orte bringen will): [**189**] so gilt meine Auffassung in allen anderen Fällen ohne Ausnahme; man erhält Muskelbewegungen bei Anbringung zweier verschiedener Metallbelegungen, wobei man nichts zu entblössen braucht, auch nicht Nerv und Muskel in *Galvani*'s Art; so war meine Auffassnng bis zur Abfassung meiner zweiten Abhandlung über thierische Elektricität, die im Juni und Juli im Giornale Fisico-Medico di Pavia gedruckt wurde.

§ 8. Der Gedankengang und der leitende Faden zu den neuen Versuchen über die Zunge waren also sehr andere als Sie glaubten; ich bin nur durch Analogieschlüsse von meinen ersten Versuchen, unabhängig von jeglicher Erklärung, fortgeschritten. Gestatten Sie mir dennoch Ihnen zu erklären, wie ich es in einem französischen Briefe im Augnstmonat Herrn *Tiberio Cavallo* gegenüber auseinandergesetzt habe für die Londoner Royal Society:

[Hier schreibt *Volta* den Schluss seines zweiten Briefes an *Cavallo*, die §§ 49, 50 und 51, wörtlich ab (s. Seite 95 dieses Heftes) und fährt dann fort:]

[**192**] Diese lange Stelle habe ich Ihnen herausgeschrieben, um Ihnen zu zeigen, wie ich schon vor einigen Monaten dachte, zugleich auch die Spur zu weisen, der ich in meinen Versuchen gefolgt bin, die mich zu neuen Entdeckungen führten. Jetzt will ich diesen schon gar zu langen Brief schliessen, nur möchte ich Ihnen noch eine ganz kleine Entdeckung aus den letzten Wochen mittheilen.

§ 9. Ich habe gefunden, dass die Kohle von wohlausgedörrtem Holz, die schon früher als guter Leiter bekannt war, wenig oder gar nicht den Metallen nachsteht, sich auch in der Hinsicht wie diese verhält, dass sie ein Erreger und Motor der Elektricität ist, sobald sie als Belegung benutzt wird, die thierischen Theile oder irgend einen anderen hinreichend feuchten Körper, oder besser das Wasser selbst berührt.[19]) Was

besonders wunderbar erscheint, ist die Thatsache, dass die Kohle nicht in die Klasse von Metallen einzuordnen ist, die ich die unterste genannt habe*) und die Zinn und Blei enthält, denen sich auch Zink anschliesst; auch nicht in die mittlere Klasse, in die ich Eisen, Kupfer, Messing, danach auch Antimon, Wismuth und Kobalt gebracht habe; wohl aber in die höchste, die Silber, Gold, Platin und Quecksilber enthält. Mit diesen stimmt die Kohle überein, ja sie übertrifft sie noch und erreicht das Silber, welches ich an die Spitze aller gestellt hatte: so dass der stärkste Geschmack, den man auf der Zunge hervorrufen kann, nicht mehr mit Zink und Silber, sondern mit Zink und Kohle erreicht wird (es sei nur beste Kohle, denn nicht jede Kohle ist brauchbar); der saure Geschmack entsteht, wenn das Zink die Zungenspitze berührt; der alkalische, herbe und brennende, wenn es die Kohle thut. In Uebereinstimmung hiermit ist die Kohle dem Silber, dem Golde und den anderen Metallen überlegen, wenn man, statt den Geschmack zu erregen, Muskelzuckungen hervorruft; man erhält solche auch an abgetrennten Organen, aus denen alles Leben gewichen zu sein scheint, und zwar noch leichter, als die Sinnesempfindungen, besonders als den alkalinischen Geschmack. [194] Dass diese Metalle, bis zum Silber, stark unter der Kohle stehen, so wie dem Silber und Golde das Eisen untersteht, ist auch noch dadurch bewiesen, dass man an der Zungenspitze einen wenn auch schwachen sauren Geschmack erhält, wenn man sie mit Silber berührt, während man auf die Zunge ein Stück Kohle bringt, die man das Silber berühren lässt: gerade so stark empfindet man den sauren Geschmack an der Zungenspitze, wenn man Messing und Eisen dem Silber gegenüber prüft.

Noch Vieles wäre in Betreff Ihrer schönen lateinischen Abhandlung zu sagen, sowie über andere meiner Versuche und Beobachtungen; doch verspare ich das auf einen anderen Brief.

---

*) Siehe meine zweite Abh. § 72 und Anm.

[141]

Des

Herrn **Alexander Volta,**

Professors zu Pavia,

neue Abhandlung

über

die thierische Electrizität.

In Briefen[20])

an

Herrn Abbé **Anton Maria Vassalli,**

Professor zu Turin.

Erster Brief.

Was halten Sie von der vermeynten thierischen Electrizität? Was mich betrifft, so bin ich seit geraumer Zeit überzeugt, dass die ganze Action ursprünglich von den Metallen herrührt, welche irgend einen feuchten Körper oder das Wasser selbst berühren, kraft welcher Berührung das electrische Fluidum in dem feuchten oder wässerichten Körper von eben diesen Metallen, von dem einen mehr, vom andern weniger (am mehresten vom Zinke, am wenigsten vom Silber) vorgedrängt wird (viene spinto avanti); wird dann eine nicht unterbrochene gute Leitung angebracht, so wird diess Fluidum in einen Kreislauf gesezt. Wenn nun die Cruralnerven eines präparirten Frosches von diesem leitenden Kreise [142] in irgend einem Theile desselben ein leitendes Stück ausmachen, so dass die ganze oder fast die ganze strömende Electrizität durch sie allein, oder auch durch irgend einen andern zur Bewegung eines Gliedmaassen dienenden Nerven gehen muss, und die Nerven

noch einen Rest von Vitalität haben; so werden die Muskeln oder die den Nerven gehorchenden Gliedmaassen in Zuckungen gesezt, sobald die Herstellung des Kreises der Leitung einen solchen electrischen Strom veranlasst, und so oft man nach Unterbrechung desselben ihn gehörig wieder herstellt. Wenn sich anstatt der zur Bewegung dienenden Nerven die an der Spitze oder am Rande der Zunge, welche zum Geschmack dienen, oder die, welche zum Sehen dienen, in dem leitenden Kreise befinden, so wird eine correspondirende Empfindung von Geschmack oder von Licht erregt; und diese Empfindungen und diese Bewegungen sind um desto lebhafter, je mehr die angewandten beyden Metalle in der hier genannten Ordnung von einander abstehen:

Zink,
Stanniol,
Gewöhnliches Zinn in Platten,
Bley,
Eisen,
Gelbkupfer und Bronze von verschiedener Beschaffenheit,
Kupfer,
Platina,
Gold,
Silber,
Quecksilber,
Reissbley.

Hierzu kann man noch zulezt einige Holzkohlen setzen, nämlich die, welche fast eben so leitend sind, als die [**143**] Metalle, indem die andern gar nicht, oder schlecht dazu dienen.[21])

Diese Versuche gelingen unter den vielen Arten, wie ich sie zu machen und abzuändern gefunden habe, auf die auffallendste und überzeugendste Weise folgendermaassen. Es werden vier oder mehrere Personen isolirt, oder stehen auch mit den Füssen auf Estrich, wenn dieser nur nicht sehr feucht ist; sie werden mit einander in leitende Verbindung gesezt, so dass der eine mit dem Finger die Spitze der Zunge seines Nachbars und ein anderer auf eine ähnliche Art den blossen Augapfel seines Nachbars berührt, die beiden andern aber mit den nassen Fingern einen frisch präparirten, nämlich abgezogenen und ausgeweideten Frosch halten, der eine an den Füssen, der andere an den Rücken desselben; der erste in

der Reihe nehme eine Zinkplatte in die blosse nasse Hand, nnd der lezte eine Silberplatte, die sie in wechselseitige Berührung bringen; so wie diess geschiehet, entsteht sogleich auf der Spitze der Znnge, die von dem berührt wird, welcher in der andern Hand den Zink hält, ein sanrer Geschmack; nnd in dem Auge, das von dem Finger eines andern berührt wird, ein Schein von Licht, und die Schenkel des Frosches, der zwischen den beiden Händen gehalten wird, werden heftig in Zuckungen gesezt.

Hier durchlänft nnd dnrchströmt also das electrische Flnidnm diese ganze Kette von Personen: warum diese aber keine Erschütterung in den Armen verspüren, daranf lässt sich leicht das antworten, dass der Strom nicht hinreichend stark und heftig dazu ist, dass er es aber genngsam ist, nm diejenigen Nerven, welche empfindlich genug sind, und dnrch welche das gesammlete nnd verdichtete Fluidum geht, zu excitiren, nämlich die Nerven des Geschmacks, die anf der Spitze nnd an den Rändern [**144**] der Znnge beynahe bloss liegen, die des Gesichts auf dem Boden des Anges, nnd die Crnralnerven des präparirten Frosches, die sich alle bey dem angeführten Versnche im Durchgange des electrischen Stromes befinden.

Kann aber das, was hier eine thierische Electrizität anzeigt, wohl eine den Organen eigenthümliche und nrsprüngliche genannt werden? Ist es nicht vielmehr weit wahrscheinlicher, dass diese sich bloss leidend verhalten, bloss sehr empfindliche Electrometer sind, nnd dass dagegen eigentlich die Metalle activ sind; dass nämlich bei Berührung der leztern dem electrischen Fluidum ein Impulsns gegeben werde; dass überhanpt diese Metalle nicht blosse Conductoren oder Leiter, sondern wahre Erreger (motori) der Electrizität sind? Was sage ich wahrscheinlicher? Es ist ganz offenbar, dass hier alles von den Metallen abhängt, nnd von ihrer verschiedenen Beschaffenheit, indem es zum Gelingen der Versnche nothwendig ist, dass beide Metalle ungleichartig sind. Anstatt also thierische Electrizität zu sagen, hätte man eben so gut ein Recht, sie metallische Electrizität zu nennen.[22])

Man wende mir nicht ein, dass manchmal in dem nach *Galvani*'s Art präparirten Frosche Bewegnngen erhalten werden, wenn man anch an dem einen nnd andern Theile Metalle von einer nnd derselbigen Beschaffenheit, nämlich Silber nnd Silber, Qnecksilber nnd Quecksilber, Zinn und Zinn, Eisen nnd Eisen

anbringt. Ja man erhält sie (aber nicht immer) in den ersten Augenblicken, wenn das auf die beste Weise präparirte Thier noch so erregbar ist, dass es das geringste fühlt. Aber wie kann man behaupten, dass die Metalle, die man anwendet, vollkommen und durchaus gleich sind? Sie sind es nnr den Rahmen, nicht der Snbstanz nach; zufällige Eigenschaften, als Härte, Weiche, Glätte [145] und Glanz auf der Oberfläche, Wärme u. s. w. können sie in Ansehnng der electrischen Action, in Ansehung des Vermögens nämlich, das electrische Fluidnm in dem feuchten Körper, den sie berühren, fortzustossen oder anznziehen, hinreichend verschieden machen, ganz so, wie ähnliche Verschiedenheiten und andere Umstände (wie es aus den Versuchen von *Canton*, *Bergmann*, *Cigna*, *Beccaria* u. a. schon bekannt ist) machen, dass dieselbigen Metalle nnd andere Körper mehr oder weniger geschickt sind, electrisches Feuer zu geben, oder zu empfangen, wenn sie durch Reiben erregt werden. Es ist ja erwiesen, dass von zwey idioelectrischen Körpern von einerley Materie und Beschaffenheit, die aneinander gerieben werden, der rauhere, oder der wärmere, oder der das stärkste Reiben erleidet, giebt, der andere empfängt. Vollkommene oder unvollkommene Leiter, Metall, Stein, Holz, u. dgl., die auf einer Seite rauh, auf der andern glatt und polirt sind, geben oder empfangen von einem seidenen Bande, weissen Papier, Elfenbein, andern Holze, u. s. w., je nachdem sie mit der rauhen, oder glatten Fläche, kälter oder wärmer, der Länge oder der Qnere nach, daran gerieben werden. Ich glaube deshalb, dass auch die Erregung der electrischen Flüssigkeit, die durch blosse Verbindung oder Berührung von Metallen mit fenchten Körpern,[23]) oder mit Wasser statt hat, auch ohne dass bemerkbares Reiben dazu nöthig ist, (wie es die neuern Erfahrnngen beweisen) auf eine gleiche Weise determinirt nnd mehr oder weniger befördert werden kann, so dass der Strom nach der einen oder nach der andern entgegengesezten Seite gerichtet wird, nach dem Unterschiede, auch dem sehr geringen, in der Härte und Weiche, in dem Grade der Wärme, in der Politur und dem Glanze, der zwischen dem einen und dem andern Stück Silber, Kupfer, Eisen, Bley, die man für ähnlich hält, und sogar zwischen [146] dem einen und dem andern Ende desselbigen Drathes, oder desselbigen Metallstreifens, statt hat.

Ich war indessen nicht mit blosser Muthmaassung zufrieden,

ob sie gleich auf guten Gründen der Analogie gestützt war, sondern wollte mich durch Erfahrung überzeugen, ob nnd wiefern die angezeigten znfälligen Eigenschafton die Action der Metalle auf das electrische Fluidum bestimmten. Ich bog deshalb ein starkes Drath von federhartem Eisen, und versuchte, ob durch das Eintanchen seiner beiden Enden in zwey Gläser mit Wasser, worin ein genau nnd frisch präparirter Frosch, nämlich mit den Hinterschenkeln in dem einen und mit dem Rücken, oder der Spina vertebralis, (wenn diese allein daran gelassen war,) in dem andern hieng, es mir gelingen würde, ihn zu Znsammenziehnngen nnd Springen zn bringen. Die erstern male gelang es mir in der That, nämlich zwey, drey, viermal; doch nach etwa einer Minnte nicht mehr; nnd ich muss sagen, dass ich von verschiedenen Eisendräthen, die ich mir verschafte, nur eines fand, dass anch im Anfange ganz und gar nichts that. Eben diess geschahe mit einigen Bogen von Silber, nnd mit einigen von Kupfer, die ich bey jedem Versuche unwirksam fand. Es ist also alle Ursache da, zu glauben, dass diese, welche sich nnwirksam zeigten, an beiden Enden in der Härte nnd allen übrigen Eigenschaften gleich waren, welches bey den andern nicht statt fand, so wie es sich auch wohl sehr schwer und höchst selten trifft, dass eine völlige und in allen Pnnkten vollständige Gleichheit darin statt findet. Nachdem ich nun einen von diesen Eisendräthen gefunden hatte, der, nach wiederholter Prüfung, auch vom Anfange an, nichts that, nnd der erschöpfte Frosch anch nicht mehr durch diejenigen erregbar war, die ihn im Anfange in Bewegnng sezten, so tauchte ich das eine [147] Ende dieses Bogens in siedendes Wasser, etwa eine halbe Minute lang, zog es dann heraus, und ohne ihn Zeit znr Abkühlung zn verstatten, ernenerte ich den Versuch mit dem Frosch in den beyden Gläsern mit kaltem Wasser; der Frosch zog sich nun zusammen, nnd das zwey, drey, viermal, bey Wiederholung des Versnchs; bis diess Ende des Draths durch dies wiederhohlte nnd länger und kürzer dauernde Eintauchen, oder dnrch längeres Ausstellen in die Luft, wieder abkühlte, nnd so wieder ganz nnwirksam wurde, dem Thiere Convulsionen zu erregen. Ich liess nun das eine Ende dieses Eisendraths glühen, und solchergestalt erweichen, während das andere Ende gehärtet blieb, und nun erlangte es die Eigenschaft wieder, in dem Frosche Bewegungen hervorznbringen, auch nachdem es er-

kaltet war, und ziemlich lange Zeit hindnrch, da nämlich das Thierchen noch nicht zu sehr geschwächt war.

Dnrch diese Versuche wird also erwiesen, dass schon die Wärme etwas thut, noch mehr die Härtung; und dass zwey Stücke eines und desselbigen Metalls, wenn sie von verschiedener Härtung sind, dadnrch geschickt gemacht werden bey Berührung mit dem Wasser, oder mit dem befenchteten Körper, anf das electrische Fluidum verschiedentlich, oder mit nngleicher Kraft zu wirken, wie es zwey verschiedene Metalle thnn würden.[24])

Ich wiederhohlte diese Versuche mit Blechstreifen von Messing, Silber und Zinn; nnd mit demselbigen Erfolge. Da die Grade des Härtens im Eisen weit ausgezeichneter sind, und eine grössere Extension zulassen, als in den andern Metallen, so ist anch der Unterschied der electrischen Action, die davon abhängt, in jenem merklicher nnd grösser, als bey diesen, und man erhält einen grössern Effect, wenn man in dem erwähnten Versnche Eisen mit Eisen von verschiedener Härtnng [148] (tempera) zusammen bringt, als man mit Metallen von verschiedener Beschaffenheit, die in der Ordnung in Hinsicht ihres electrischen Vermögens wenig von einander abstehen, erhält, wie mit Gold und Silber, Knpfer nnd Gelbknpfer, Gelbkupfer nnd Eisen, Bley und Stangenzinn. Was noch mehr? Ich habe sogar einige Eisenbleche gefunden, an deren Enden sich ein solcher Unterschied in der Action zeigte, (der, ich weiss nicht ob von der Härtung allein, oder von etwas andern abhängt,) dass er sich zwischen weiter von einander abstehenden Metallen, wie zwischen Bley und Silber, nicht grösser zeigt, indem dadurch nicht nur die lebhaftesten Zusammenziehungen und Krämpfe in den Muskeln eines nnversehrten oder wenigstens nur abgezogenen Frosches erregt, sondern sogar auch bey der gehörigen Applicirnng an die Zunge der saure Geschmack hinreichend merklich hervorgebracht wurde.[25])

Was die Politur nnd den metallischen Glanz betrifft, so habe ich gefunden, dass, wenn zwey Stücke desselbigen Bleystreifens, wovon einer anf dem Rücken, der andere an den Schenkeln des anf die beste Weise präparirten Frosches, (an dem man nämlich keine andere Verbindnng zwischen dem Truncus und den Schenkeln als durch die blossen Cruralnerven gelassen hat,) angebracht wird, nichts vermögen, um irgend eine Bewegung oder Znsammenziehnng der Muskeln zu erwecken, dass, sage ich, es zur Hervorbringung dieses Effects

hinreichend ist, das eine von den Bleystücken oben auf zu schaben, so dass es frischen Glanz erhält, und mit dieser glänzenden und spiegelnden Oberfläche an seine vorige Stelle zu legen. Das Vermögen desselben verliert sich jedoch in längerer oder kürzerer Zeit wieder, so wie das Metall durch Berührung mit der Luft wieder anläuft und seinen Glanz verliert. Sind beide Stücke [**149**] Bley zu gleichem Glanze und gleicher Glätte gebracht worden, so gelingt der Versuch nicht weiter; oder nicht so gut, als wenn das eine so bleibt, wie es ist.

Wenn ich endlich alle Sorgfalt anwendete, dass die beiden metallischen Armaturen, die entweder an die Gliedmaassen des Frosches unmittelbar, oder an das Wasser, oder an die feuchten Körper, zwischen welchen sich derselbe befand, angebracht waren, so viel als möglich gleich waren; wann ich an der einen und der andern Stelle Streifen oder Dräthe von Gold und Silber, die von einerley Stück genommen waren, anbrachte; so sahe ich bey der Herstellung ihrer Communication unter einander, entweder durch nnmittelbaren Contact, oder vermittelst eines andern metallischen Bogens, niemals, oder fast niemals Convulsionen in dem Frosche entstehen, so lebhaft auch das Thier, und so frisch es anch nach der besten Präparationsart war. Ich sage ans Vorsicht fast niemals, weil sich manchmal ein schwacher Effect finden kann, der aber doch seinen ganzen Grund in der nicht vollkommenen Gleichheit der besagten Armatur hat, die darin manchmal statt finden kann.

Wenn nach diesem allen *Galvani* nnd andere noch behaupten wollen, dass wenigstens in den Fällen, in welchen zwey gleiche Metalle, oder zwey Enden desselbigen Metallstücks zur Erregung starker oder schwacher Contractionen und Bewegungen in dem nach seiner Art präparirten Frosche dienen, die Erregung des electrischen Flnidnms nur durch die Organe des Thieres selbst bewirkt werde, und dass folglich die wahre thierische Electrizität in dem von ihm genommenen Sinne noch bestehe; so antworte ich, dass ich lengne, dass solche Metalle vollkommen nnd durchaus gleich sind, durch welche die genannten Effecte erhalten werden, und ich behaupte, dass sie entweder in der Wärme, oder in der [**150**] Härtung, oder in der Politur und dem Glanze verschieden sind, indem diese Umstände, wie ich bewiesen habe, nicht wenig Einfluss haben, nnd in Ansehung der Kraft, das electrische Flnidnm im Wasser oder in den berührenden feuchten Körpern in Bewegung zu

setzen, keinen geringern Unterschied zuwege bringen können, als die verschiedene Beschaffenheit einiger Metalle thut. *Galvani* muss beweisen, dass sich in Ansehung solcher und anderer noch nicht erkannter Modificationen, auch nicht der geringste Unterschied finde, der Einfluss haben könne, kein bemerkbarer oder unbemerkbarer Unterschied, sage ich zwischen den Enden des Metalles, das in das eine, und dem, das in das andere Glas getaucht, oder das hier an die Hinterschenkel des präparirten Frosches, und dort an dem obern Theil der Nerven oder des Rumpfes applicirt wird: er muss (was wohl sehr schwer seyn möchte, um nicht unmöglich zu sagen,) solchergestalt die vollkommene Gleichheit und Identität der beiden Enden des metallischen Bogens beweisen, wenn dadurch, ohne Mitwirkung eines andern verschiedenen Metalles, Convulsionen erregt werden; denn ich habe schon bewiesen, dass irgend eine, wesentliche oder zufällige, Verschiedenheit der Metalle vermögend ist, das electrische Fluidum dergestalt in Bewegung zu setzen, dass dadurch diejenigen Wirkungen hervorgebracht werden, welche Metalle, die so viel als möglich gleich sind, hervorzubringen nicht fähig sind. Wenn aber dieses Princip, oder diese metallische Thätigkeit, die hierdurch entdeckt und deutlich erwiesen ist, hinreicht, warum wollen wir noch zu einem andern, bloss angenommenen, Princip, nämlich eines von Natur gestörten Gleichgewichts der electrischen Flüssigkeit in den thierischen Organen, unsere Zuflucht nehmen? Diess hiesse die Ursachen wegen Wirkungen von einerley Natur unnöthigerweise vervielfachen. Wir wollen bey dem stehen bleiben, was [**151**] unmittelbarerweise und ungezweifelt erwiesen ist, und wollen uns nicht zu Muthmaassungen und Hypothesen verleiten lassen, die dem Scheine nach schön und verführerisch sind, die aber um desto mehr eitel und unnütz zu werden pflegen, wenn sie den Ausdruck der einfachen und klaren Erfahrungen überschreiten.

Zweyter Brief.

Ich endigte meinen vorigen Brief damit, dass es besser sey, bey Thatsachen und den unmittelbar aus ihnen fliessenden Folgerungen stehen zu bleiben, ohne sich zu weit in Muthmaassungen und Hypothesen einzulassen, die darin nicht ganz ihren Grund haben. Wir wollen also einige der Thatsachen

oder Resultate der neuen Erfahrungen in Untersuchung nehmen, und die Folgerungen sehen, die sich uns natürlicher darbieten.

Es ist eine Erfahrungssache, dass, wenn man die Spitze der Zunge an einen Streifen von Zinn, oder besser von Zink legt, oder sie auch nur in ein Glas Wasser steckt, worin ein Stück Zink hängt, und dann diess Metall mit einem Silberblech, das man in der recht feuchten Hand, oder besser, mit beiden feuchten Händen dicht umschlossen hält, berührt, die Spitze der Zunge einen lebhaften sauren Geschmack empfindet. Es ist ausser Zweifel, dass diese Empfindung von einem Strome electrischer Flüssigkeit erregt werde, welche vom Zinne oder Zinke, entweder unmittelbar, oder durch das dazwischen befindliche Wasser, zur Zunge tritt, und dann weiter dringt und weiter geht. Es ist ausser Zweifel, sage ich; denn man erhält ganz dieselbige Empfindung von saurem Geschmack, wenn man die Spitze der Zunge an den [152] positiv electrisirten ersten Conductor der Maschine hält, oder auch in das Wasser eines damit verbundenen Gefässes steckt. Eine andere sehr merkwürdige Thatsache ist es, dass, wenn man den Versuch umkehrt, und das Silber statt des Zinkes die Spitze der Zunge berührt, man entweder keinen Geschmack, oder einen andern ganz vom erstern verschiedenen, einen scharfen, brennenden, gleichsam alkalischen Geschmack empfindet; nicht anders, als wenn man die Zunge an den mit dem Kissen der gewöhnlichen Electrisirmaschine verbundenen oder negativ electrisirten Conductor hält; ein offenbarer Beweis, dass dieser alkalische Geschmack vom electrischen Fluidum herrührt, welche von der Spitze der Zunge ausgeht. Die Zunge also (und diess ist eine natürliche Folgerung) oder irgend ein Theil von ihr, an sich und im natürlichen Zustande, strebt weder electrisches Fluidum zu geben noch zu empfangen, sondern sie giebt oder empfängt es vermöge der eigenthümlichen Kraft der Metalle, je nachdem Zink oder Silber, es sey unmittelbarerweise, oder vermittelst des Wassers, oder eines andern feuchten Körpers, daran applicirt ist*); die Zunge ist also bloss [153] leidend, und die

*) In einem zu Modena 1794 in 8. gedruckten Werke, das den Titel hat: Dell' uso e dell' attività dell' arco conduttore nelle contrazioni dei muscoli, und worin der anonyme Verfasser sich alle Mühe giebt, die wahre thierische Electrizität, die nach *Galvani's* Sinn in den Organen thätig und ihnen eigenthümlich

Metalle sind dagegen thätig; diese sind in den erwähnten Versuchen die wahren Erreger (motori), die Incitatoren des electrischen Stromes. Das, was ich vom Silber und Zink behaupte, gilt von zwey andern Metallen, die verschieden sind, es sey der Art und dem Wesen nach, oder in Ansehung der einen oder andern zufälligen Modification: es ist bloss der Umstand in Betracht zu ziehen, der zu meinem Zwecke viel beyträgt, dass die Wirkungen von desto geringerer Energie [154] sind, je weniger die zum Versuche angewandten Metalle in ihrer Fähigkeit, das electrische Fluidum zu erregen, in dem Vermögen, bey der Berührung feuchter Körper dasselbe abzustossen oder anzuziehen, von einander verschieden sind: mit einem Worte, je weniger sie in der im Anfange des erstern

---

seyn soll, zu behaupten, nimmt man auf diese Verschiedenheit des Geschmacks bey Verwechselung der Stellen der Metalle nicht viel Rücksicht; man giebt sie kaum zu, und lässt sie als zweydentig und inconcludent vorüber. Der Verfasser thut es, wie es scheint, damit er nicht genöthigt ist, die Folgerung daraus zu ziehen, die ich daraus ziehe, und die sich von selbst darbietet. Und doch ist diese Verschiedenheit des Geschmacks so ausgezeichnet, wenn man den Versuch anstellt, wie man soll, besonders mit Silber und Zink, indem man sie unmittelbar, erst das erstere an der Spitze der Zunge, den anderen auf ihren Rücken, und nachher in umgekehrter Ordnung, applicirt, dass keiner, den ich es als Thatsache versuchen liess, (und es sind deren jetzt sehr viele) die Sache in Zweifel ziehen konnte. Es ist der saure Geschmack so ausgezeichnet und entschieden, und der andere, wenn man ihn nicht alkalisch nennen will, so vom vorigen verschieden, dass man sich vergeblich bemühet, die Unbeständigkeit und Zweydentigkeit der Empfindungen des Geschmacks (eine erbärmliche Zuflucht, welche der Verfasser des erwähnten Werkes nimmt, um der Stärke meines Arguments auszuweichen,) geltend zu machen, und dass kein Verdacht von Irrthum und von vorgefasster Meynung statt finden kann. Ich habe also sicherlich mehr Ursach, den Widerspruch dessen, der diese unleugbare Thatsache leugnet, oder darüber Zweifel erregen will, nicht zu achten.

Diese Widersprüche und Zweifel haben vielleicht daher entstehen können, dass der Geschmack, welcher sich alkalisch zeigt, mit andern Metallen, welche weniger von einander in der Action verschieden sind, als Silber und Zink, Silber und Staniol, z. B. mit Silber und Eisen entweder gar nicht, oder nur dunkel wahrgenommen wird. Aber diess beweist bloss, dass dieser Geschmack schwerer zu erregen ist, oder von der Zunge weniger gefühlt wird, als der saure (so wie es auch durch die Schwierigkeit erwiesen wird, ihn durch die künstliche Electrizität der Maschine zu erregen). Er wird indessen doch unfehlbar und hinreichend stark durch die vorher erwähnten Metalle erregt, die kräftiger wirken, weil sie mehr von einander verschieden sind.

Briefes mitgetheilten Ordnung von einander abstehen. Das, was ich von der Zunge sage, gilt auch von andern Muskeln und den zu ihrer Bewegung dienenden Nerven, auch von diesen allein; denn um die Zusammenziehungen der der Willkühr unterworfenen Muskeln zu erregen, ist es keinesweges nothwendig, dass das electrische Fluidum von diesen zu jenen, oder von jenen zu diesen trete; sondern es ist hinreichend, dass es durch einen ganz kleinen Strich des Nerven allein gehe, wie es z. B. der Fall ist, wenn man den Nerven mit einer silbernen Pinzette sanft zusammendrückt, und etwas darüber oder darunter, auch in der Entfernung von nur Einer Linie, oder noch weniger, ihn mit einer andern Pinzette von Eisen, oder von Zinn, oder noch besser von Zink fasst, und dann die eine Pinzette von der andern entweder unmittelbar berühren lässt, oder sie auch durch irgend ein metallisches Mittel mit einander in Verbindung sezt*).

*) Ich erwähnte bestimmt die der Willkühr unterworfenen Muskeln; denn es gelingt nicht mit den der Willkühr nicht unterworfenen, dergleichen das Herz ist. Was man auch für einen Reitz an die blossen Nerven, die zu diesem Muskel treten, applicirt, so wird es davon doch nicht erregt: um es zu erregen, ist nöthig, dass der Stimulus unmittelbar an das Herz selbst, an seine Fleischfibern angebracht werde. Wenn also bey der Anwendung der Armaturen oder des Contacts ungleichartiger Metalle, nicht beide, oder wenigstens eines, das Herz selbst berührt, oder nicht so gestellt sind, dass der Strom des electrischen Fluidums die eigene Substanz desselben treffen muss, wenn nämlich das eine und das andere Metall an einem Nervum cardiacum angebracht sind, so erfolgt nichts, wie ich mich davon durch viele Versuche auch neulich wieder überzeugt habe: seine natürlichen Schläge werden dadurch nicht beschleunigt oder verdoppelt, seine Zusammenziehungen werden nicht stärker, wenn es ermattet, und sie werden nicht erweckt, wenn es still steht. Ich habe sogar die gewöhnlichen Funken der Electrisirmaschine, und ziemliche Entladungen der Leidner Flasche unwirksam gefunden, wenn diese nämlich nur die Nerven des Herzens allein trafen, und seine Substanz dem electrischen Strome nicht ausgesezt wurde.

Es ist also hierdurch der grosse wesentliche Unterschied zwischen den willkührlichen und nicht willkührlichen Muskeln, und beziehungsweise zwischen den Nerven, die zu jenen und denen, die in diese treten, entschieden: der electrische Stimulus wirkt nur bloss auf die Nerven, welche die der Willkühr unterworfenen Muskeln regieren; und wenn er auch nur auf einen kleinen Strich, sogar auf kleine Punkte eines solchen Nerven eingeschränkt ist, so verfehlt er nicht, die heftigsten Zusammenziehungen dieser Muskeln zu bewirken. Eben dieser Stimulus auf dieselbige Art an die blossen Nerven des Herzens, und an die von andern unwillkühr-

[155] Könnte man hier aber nicht, zwar nichts ähnliches mit einer Leidner Flasche, doch irgend ein präexistirendes [156] aufgehobenes Gleichgewicht des electrischen Fluidums zwischen den benachbarten Theilen des Nerven selbst annehmen? Ich glaube nicht, dass sich so etwas hier behaupten lässt: wohl aber ist die Berührung der beiden verschiedenen Metalle, (die der Kraft und Stärke nach ungleich sind,) die Ursach, dass hier das electrische Fluidum in Bewegung gesezt und bey seinem Durchgange durch den kurzen Strich des Nerven zu diesen Metallen selbst, ihn reizt; durch diesen in dem Nerven in Bewegung gesezten electrischen Stimulus, welcher wirksamer und zur Erregung der Nervenkraft geschickter ist, als jeder andere, (wie es alle Erfahrungen einstimmig erweisen und von mir anderswo gezeigt werden wird,) entstehen in den ihm unterworfenen Muskeln die Zusammenziehungen, auf welche Art, das wissen wir nicht; der an zwey Stellen von verschiedenen Metallen berührte Nerve wird hierbey ganz so gereizt, als in den Nerven des Geschmacks auf der Spitze der Zunge oder in dem des Gesichts auf dem Boden des Auges in meinen andern schon erzählten Versuchen durch diese verschiedenen Metalle ein Reitz veranlasst, und im leztern Falle auch ein beschwerliches Brennen in der Nähe der Augenlieder erregt wird.

Es steht also die in der That bewundernswürdige Action der Metalle auf das electrische Fluidum bey der jedesmaligen Applicirung an Wasser, oder andere unterschiedene Flüssig-

---

lichen Muskeln angebracht, vermag nicht sie zu erregen. Auf diesem Cardinalpunkte beharre ich fest; und bis jezt ist noch nichts, weswegen ich davon abgehen sollte. Eben derselbige Stimulus endlich, wenn er an die besagten unwillkührlichen Muskeln unmittelbar angebracht wird, so, dass entweder der ganze Muskel, oder wenigstens ein Theil davon, vom electrischen Fluidum beym Kreislauf desselben durchdrungen wird. kann allerdings Zusammenziehungen erregen; doch schwer, und keine starken. Eben hierin muss ich mich berichtigen, wenn ich sonst behauptete, dass solche involuntären Muskeln dadurch gar nicht, auch nicht auf die angezeigte Weise, erregt werden könnten; von diesem Irrthume, oder vielmehr von dieser Unachtsamkeit bin ich zuerst durch einige Versuche des Herrn *Felix Fontana**), und zu Folge anderer zu Turin angestellter**), überzeugt worden.

*) Articolo di lettera del Sig. Cav. *Fel. Fontana* all' Abb. *Mangili*; im Giornale Fisico. Nov. 1792.

**) Giornale Fis. Gennajo 1793.

keiten, (wie alle tropfbaren Flüssigkeiten, nur die fettigen ausgenommen,) oder an damit [157] geschwängerte Körper, fest; und je offenbarer sich diese zeigt, die ich metallische Electrizität zu nennen wünschte, je mehr sie sich thätig und ausgebreitet zeigt, je mehr fallen die vorgefassten Meynungen für die andere dahin, welche von *Galvani* thierische Electrizität genannt, und auch von mir im Anfange, doch mit gewissen Modificationen, verstanden und behauptet worden ist. Diese muss, meinem Bedünken nach, ohngeachtet der Bemühungen, welche sich einige Vertheidiger derselben zu ihrer Behauptung geben*), ganz wegfallen, [158] wenn man überlegt,

*) Ausser dem in der ersten Anmerknng angeführten anonymischen Werke ist neulich ein anderes vom Prof. *Aldini*, Neffen von *Galvani*, nnter dem Titel: *Joannis Aldini* de animali electricitate dissertationes dnae, Bononiae 1794. 4. pag. 41. mit zwey Knpfertafeln, erschienen. Diess schätzbare Werk ist mit vielen neuen Erfahrungen versehen, wozn verschiedene sinnreiche Vorrichtnngen dienen, nnd das Ganze ist schön geschrieben. Seine Versnche, die an sich selbst schön sind, sind in der That fähig, denjenigen zn verführen, der bloss bey denselben stehen bleibt, ohne weiter anf den Grund zu gehen, nnd weder Hände noch Verstand anf so viele andere, und so mannichfaltig abgeänderte verwenden will, die ich entgegen stelle. Wer sich die Mühe geben will, die meinigen zu wiederhohlen, oder bloss Gelegenheit gehabt hat, dabey zn seyn, wird, wenn er die Uebereinstimmung, die Beständigkeit, dabey wahrnimmt, und wie sich alles, was so verschieden scheint, nnter ein und dasselbige Princip vereinigen nnd ordnen lässt, gewiss nicht weiter von jenen zweydentigen nnd nnbeständigen eingenommen seyn; er wird überzeugt werden, wenn er anch sonst eine vorgefasste Meynnng hat, dass die Vorstellung von einer den thierischen Organen inhärirenden Electricität, oder von einem gewissen gestörten Gleichgewicht des electrischen Fluidnms in den Nerven oder Mnskeln, welches durch die Lebenskraft hervorgebracht werde, dass die Voranssetzung von etwas Aehnlichem mit der Leidner Flasche, wie es *Galvani* sich dachte, nnd wie es seine Anhänger behanpten wollen, keinen Grnnd hat, nnd ganz unnütz wird, sobald sich alles dnrch die blosse Kraft nnd Wirksamkeit der Metalle, wenn sie mit feuchten Leitern in Berührnng kommen, erklären lässt. Diess Vermögen, wodurch die Metalle nicht weiter als blosse Leiter, sondern als wahre Erreger der Electricität angesehen werden müssen, ist jezt anf so vielfache Art erwiesen, nnd springt in allen meinen Versnchen so in die Angen, dass es vergeblich seyn würde, dagegen Zweifel zu erregen, wenn es anch an sich schwer zu begreifen seyn sollte. Aber es ist nicht nöthig das Wie zu wissen, wenn eine Thatsache, ein allgemeines Gesetz der Phänomene gewiss ist, und alle particnläre Thatsachen sich daranf beziehen; nnd eben diess ist nnser Fall.

So beweisen meine Erfahrnngen, wovon ich bis jezt nur einen

dass ausser den Metallen, den Erzen, (die ich, wie die Kiesse selbst, in Ansehung ihres [**159**] Vermögens so kräftig gefunden

---

Theil erzählt habe, ganz offenbar und deutlich 1) das Vermögen und die Kraft, welche zwey Metalle von verschiedener Art haben, einen Strom der electrischen Flüssigkeit zu veranlassen, und zwar von der Rechten zur Linken, oder von der Linken zur Rechten, je nachdem sie gestellt sind, und nicht je nachdem die Nerven oder Muskeln des Thieres gestellt sind, wie es die Erfahrungen mit der Zunge besonders darthun; 2) dass, je ungleichartiger die Metalle sind, die Erfolge desto sicherer erhalten werden, und desto stärker sind, sowohl in Ansehung der Empfindungen, als der Muskelbewegungen; 3) dass auch die beiden Armaturen, oder die beiden Enden des Bogens, welche die Stelle derselben vertreten, nicht von verschiedentlich gearteten Metallen zu seyn brauchen, sondern dass dazu eine zufällige Verschiedenheit in der Härtung, in der Politur etc. hinreichend ist, um die erwähnten Wirkungen in einigem Grade hervorzubringen (man sehe den ersten Brief). Sie erweisen diess alles, sage ich, auf tausenderley Art und mit der grössesten Evidenz, so dass sie hierüber nicht den mindesten Zweifel lassen. Meine vielen und abgeänderten Erfahrungen erklären auch sehr gut die Erscheinungen, die Herr *Aldini* für entscheidend für seinen Satz ansieht, die aber nichts weniger, als dafür concludent sind, nämlich 4) warum mit einem und demselbigen Metall, mit einem einzigen Streifen Silber, oder einer einfachen Lage von Quecksilber, welches die Stelle sowohl der Armaturen, als des Bogens vertritt, doch manchmal Muskularzusammenziehungen in einem ganz genau und frisch präparirten Frosche erhalten werden, die zwar nur sehr schwach, und keinesweges mit den kräftigen Convulsionen und Stössen zu vergleichen sind, welche ungleichartige Metalle hervorbringen, sondern in dieser Rücksicht höchst schwach zu nennen sind, und auch nicht immer, sondern nur selten erfolgen, nämlich nur dann, wann irgend ein zufälliger, auch unbemerkbarer, Unterschied zwischen den beiden Armaturen, oder den Enden des metallischen Bogens stattfindet.

Es scheint, dass diess hinreichend sein müsste, und dass nach dem, was ich im vorhergehenden Briefe weitläuftig gezeigt habe, nichts mehr zu sagen übrig wäre. Indessen muss ich bei Gelegenheit dieses neuen Werkes des Herrn *Aldini*, worin er sich besonders viel auf die mit Quecksilber gemachten Erfahrungen zu Gute thut, und diess Metall im Zustande seiner Reinigkeit von aller Ungleichartigkeit frey spricht, doch noch etwas hinzusetzen. Ich sage nämlich, dass der schwierige Chemist, der von ihm aufgefordert wird, zwischen den Theilen eben dieses rectificirten Quecksilbers mit allen Hülfsmitteln der Kunst einen Unterschied zu finden, ihn allerdings findet, und zwar einen sehr grossen zwischen den innern und den oberflächlichen Theilen desselben: die leztern verlieren an der Luft sehr bald ihren Glanz und erleiden einen Anfang der Calcination, besonders wenn sie geschüttelt werden: denn was ist das Pulver, welches sich auf dem flüssigen und laufenden Quecksilber in kurzer Zeit bildet, und es

habe, dass sie den metallischen Regulis nichts nachgeben) und der Holzkohle, [160] (die in Ansehung der Kraft, wovon hier

---

bedeckt? Welch Wnnder also. dass Mnsknlarznsammenziehnngen erfolgen, wenn die Schenkel des präparirten Frosches bloss die Oberfläche des Qnecksilbers berühren, nnd ein Stück des Rückgrates tiefer in der Masse des Quecksilbers liegt, wie es in den hier beschriebenen Versnchen der Fall ist, und wenn der erwähnte Unterschied des Zustandes des Quecksilbers an beiden Stellen stattfindet? Habe ich nicht schon im vorigen Briefe gesagt und bewiesen, dass anch Zusammenziehnngen dnrch die Berührungen zweyer Stücke Bley erfolgen, die von einem und demselbigen Streifen genommen sind, wovon aber das eine den metallischen Glanz hat, das andere an der Lnft angelanfen ist? Das Quecksilber, welches *Aldini* als das sicherste ausgiebt, ist noch verdächtiger und nnsicherer.

Ich mnss aber anch andere Exceptionen gegen seine Versnche erheben, und hier noch einige nothwendige Rücksichten in Ansehung des metallischen Contacts anführen. Die Armatnren von einem und demselbigen Metalle, die einander so viel als möglich ähnlich sind, müssen anch anf einerley Art angebracht werden, wenn wir in Ansehnng der Nerven nnd Muskeln, die anfs Beste präparirt sind, nnd ihre grössteste Empfindlichkeit haben, sicher seyn wollen. Wenn diess nun in den Erfahrnngen, die man mir entgegensezt, nicht beobachtet worden ist, wenn dabey keine solche vollkommene Gleichheit anch in dieser Rücksicht gewesen ist, so kann ich immer sagen, dass eines von den beiden Metallstücken durch die solchergestalt verschiedene Art der Applicirnng über das andere das Uebergewicht gehabt habe, wenn sie anch von einerley Art nnd im Uebrigen gleich waren. Vor allen Dingen mnss man jeden Stoss vermeiden, der keinen geringen Einflnss haben, nnd dem Metalle ein grösseres Vermögen, das electrische Fluidum in Bewegnng zu setzen, ertheilen kann, wodnrch es seinem Antagonisten überlegen wird. Aber eben dieser Stoss hat bey den in dem nenen Werke erwähnten Versuchen statt, wie man aus der Beschreibnng und den Fignren sehen kann. Wir wollen also diese Art zu experimentiren, die nnr gar zn sehr Einwürfen ansgesezt ist, fahren lassen, und nns an die andere Methode halten, wobey man vorher zwey Stücke eines nnd desselbigen Metalles, die anch so viel als möglich in Ansehung der Härtnng, der Politur, des Glanzes, u. s. w. ähnlich sind, das eine an den Schenkel, das andere an das Rückgrat des präparirten Frosches anlegt, oder auch in das Wasser der beiden Gläser bringt, worin respective diese Schenkel nnd dieses Rückgrat hänget, und dann diese ganz gleichen Armaturen entweder nnmittelbar, oder dnrch einen andern metallischen Bogen in leitende Verbindnng sezt: dann werden wir sehen, dass keine Convulsionen erregt werden, als nnr höchst selten, und gewissermaassen, dnrch Znfall, gewiss nnr einmal unter hundert oder tansend malen. Ich kann versichern, dass, wenn ich zwei Silberdräthe von demselbigen Stücke, gleich glänzend und rein, das eine in die Hüfte, das andere in das Rückgrat eines

die Rede ist, als ein trefflicher Leiter für die Electrizität, nicht minder [161] mit den Metallen in eine Reihe gehört,)

---

höchst vigurösen und frisch präparirten Frosches steckte, nud sie dann oben zusammeu bog, dass sie sich berührten, mir es uie gelnngen ist, Convulsionen zu bewirken, da ich hingegen auf diese Art allemal die stärksten Bewegungen erhielt, wenu die Drähte von zwey verschiedenen Metallen wareu. Oder man lege auch die Schenkel des Frosches bloss anf ein Silber- oder Goldblech, und den Rücken desselben anf ein anderes Blech von derselbigen Beschaffenheit; (zweyen Silbermünzeu, oder Goldmünzen können wir nicht trauen, da sie in der Legirung in der Härtuug, u. s. w. verschieden seyn können); man rücke dann diese Armatnreu näher an einander, bis sie in wechselseitigen Contact kommen, ohne einen andern leiteudeu Bogen dazwischeu; nud ich verspreche, dass keine Convulsionen znm Vorschein kommen werden, als manchmal auf eine znfällige Weise. Mit verschiedeueu Metalleu werden sie hingegeu in hundert und tausend Versuchen an demselbigen Frosche nie nnterbleibeu; nud sie werdeu desto heftiger nud anffallender seyn, je mehr die Metalle nnter sich verschieden sind. Mit wenig verschiedenen Metallen, oder auch mit denen von einerley Art, die nur durch irgend eine Modificatiou, durch einen zufälligen Unterschied in der Härtung, in der Politur. u. s. w. verschieden sind, werden die Muskularzusammenziehnngen weit wenigere male erfolgeu, und nur so lange das Thier in vollem Vigor ist, nud auch miuder heftig seyn.

Alle diese Beweise müssen nns uatürlicherweise auf das Urtheil leiten, dass, wenn der Frosch einmal znfällig durch Armaturen, die dem Anscheiue nach ganz ähnlich sind, bewegt wird, sich dariu ein für nns unbemerkbarer Unterschied findet, der fähig ist, eiuen kleinen Strom der electrischeu Flüssigkeit zu veranlassen, der die ausserordentlich empfindlichen Nerveu, durch welche er zusammengedrängt zu gehen geuöthigt wird, zu reitzen im Stande ist. Wir finden auch iu der That, dass dazu folgende zwey Bedingungen nothwendig sind: 1) ein gedrängter Durchgang, weswegen eben eine solche Präparirung des Frosches erforderlich ist, dass zwischen den Scheukelu nnd dem Rücken des Frosches blos die Cruralnerven die Verbindnug machen: 2) völlige Vitalität sowohl dieser Nerven, als der Muskeln, worin sie sich verbreiten; eben deswegen erfolgeu die Convulsionen mit gleichartig geglaubten metallischen Armatureu, wenn sie anders erfolgen, nur wenige male, und eine kurze Zeit nach der erwähnten Präpariruug des Thieres hindurch. Ungleichartige Metalle zeigeu sich ganz anders: man erhält die kräftigsteu Zusammenziehungen nnd Stösse in dem Frosche noch nach Stnnden nud Tagen; nnd es ist dazu gar nicht nöthig, dass er anf die erwähnte Art präparirt sey; es ist hinreichend, dass er abgezogen und ausgeweidet ist; anch entstehen dadurch sogar Convulsionen in dem nnverlezteu Frosche, nnd er wird zum Springen, nnd zum Ausschlagen der Füsse gebracht, wenn Armaturen von sehr verschiedenen Metallen, wie Silber oder

kein anderer Leiter, wenn man ihn zur Armatur anwendet, geschickt ist, [162] weder den electrischen Geschmack auf

---

Gold an dem einen Theile, nnd Staniol oder Zink an dem andern applicirt werden.

Wenn wir also anch bloss bey den Mnsknlarbewegnngen stehen bleiben, nnd alle andere Beweise von Geschmack, n. s. w. bey Seite lassen, muss nns da nicht alles überzengen, dass alles ein Spiel der Metalle ist? Welche Eindrücke können gegen solche Argnmente (denn ich habe sie noch nicht alle berührt) noch die in dem nenern Werke des Herrn *Aldini* und in der oben angeführten anonymischen Schrift beygebrachten Erfahrnngen machen, die, wie ich gezeigt habe, vielen Exceptionen nnterworfen, nnd nicht wenig zweydentig sind, nnd die sich übrigens anch so leicht nach meinen Grnndsätzen erklären lassen? Sicherlich werden die Vertheidiger einer thierischen Electrizität, in dem von *Galvani* genommenen Sinne, nicht im Stande seyn, meine vielfachen Erfahrungen mit so grosser Leichtigkeit zu erklären; oder es nicht anders thun können, als dass sie ihre Principien gewaltsamerweise zwängen nnd drehen. Wie werden sie (nm nnr nnter so vielen Beyspielen ein anderes anznführen), den folgenden Versnch erklären, der sich nm desto demonstrativer zeigt, je einfacher nnd planer er ist?

Es sey ein präparirter Frosch auf einem Brett ansgespannt; es ist gleichgültig, ob er isolirt ist oder nicht; im erstern Fall kann er anf einer Glastafel, oder anf einem Schwefelknchen liegen; es liegen zwey Streifen Silber von gleicher Beschaffenheit, das eine unter dem Rückgrate, das andere nnter dem einen Schenkel; nnd nnter dem andern Schenkel, an denselbigen correspondirenden Muskeln, liege ein Streifen Zinn, oder besser Zink. Es werden nun durch Hülfe irgend eines metallenen Bogens bald die beiden Silberstreifen, bald das eine, welcher unter dem Schenkel liegt, mit den Zinn- oder Zinkstreifen nnter dem andern Schenkel in Verbindung gesezt. Jeder, welcher von der angenommenen electrischen Ladung, oder von dem anfgehobenen Gewicht der Flüssigkeit zwischen den Nerven, die zu den Muskeln treten, oder zwischen dem Innern dieser Mnskeln, nnd dem Aenssern derselben, nach *Galvani*'s Meynnng, im Voraus eingenommen ist, wird ohne Zweifel erwarten, dass die Entladnng dieser Art von thierischer Leidner Flasche, wie sie es nennen, im erstern Fall erfolgen, nnd also Convnlsionen erregt werden müssen, nnd nicht im andern. Und doch erfolgt ganz das Gegentheil: niemals werden die Gliedmaassen des Frosches bewegt, wenn die leitende Verbindnng zwischen der Armatnr der Nerven, nnd der der Mnskeln hergestellt wird; wohl aber erfolgen mehr oder minder starke Convnlsionen, so oft man die beiden Armatnren nnter den gleichnamigen Mnskeln, z. B. unter den beiden gastrocnemiis in Verbindung treten lässt. Wie besteht diess mit eurer thierischen Electricität, mit enrer Leidner Flasche? Werdet ihr die Erklärnng auch dahin ansdehnen, dass ihr zwischen Mnskel nnd Mnskel, zwischen zweyen gleichnamigen Mnskeln, eine Ladnng nnd ein Streben znr Entladung annehmet?

der Zunge, noch das Lenchten im Ange, noch das Brennen, noch irgend eine [163] Bewegung in den Mnskeln des lebhaftesten und aufs Beste präparirten Frosches hervorznbringen. Wenn sich [164] das electrische Flnidnm in den Organen des Thieres in einem Zustande des Mangels von Gleichgewicht befände, so dass es nach dem obern Theile hin überflüssiger wäre, als in dem untern, oder umgekehrt, wenn es sich in dem Nerven und in dem Innern des Muskels, worin sich derselbe verbreitet, mehr angehäuft wäre, als nach dem Aenssern des Muskels zn, wie es *Galvani* behauptet hat; wenn das electrische Fluidnm anf diese oder eine andere imaginäre Weise in dem Körper eines Thieres, z. B. eines präparirten Frosches, dessen Hinterschenkel in einem mit Wasser gefüllten Glase hängen, nnd dessen Rumpf mit dem Rückenmark sich in einem andern Glase befinden, ungleich verthcilt wäre; und wenn bey der angebrachten leitenden Verbindung zwischen dem einen Glase und dem andern dnrch einen metallischen Bogen, die heftige krampfhafte Bewegung der Schenkel daher rührte, dass das Fluidum plözlich ins Gleichgewicht gebracht würde, warnm, frage ich, erfolgen nicht dieselbigen [165] Bewegungen, warnm bleibt der Frosch vollkommen ruhig, wenn man sich anstatt der Metalle eines andern guten Leiters, einer Saite, eines Holzes, eines Pappenstreifen, oder anderer Körper, die feucht, und mit Wasser benetzt oder getränkt sind, oder zweyer Finger, als Auslader bedient, oder auch in jedes Glas eine Hand steckt? Man wende mir nicht ein, dass diess nicht hinlänglich gute Leiter sind; denn ich antworte, dass sie es mehr als nöthig sind, wie es die im ersten Briefe erzählten Erfahrungen beweisen, wobey zwey, drey, vier Personen, ja bis 15, 20, und angefeuchtete wollene Bänder, lederne Riemen, Pappenstreifen, grüne Baumzweige, nnd lange Strecken von fenchtem Estrich, wenn sie den Zirkel ausmachen halfen, nicht verhinderten, dass der präparirte Frosch erschüttert wurde,

---

Und warnm geschieht hier die andere Entladung von den Cruralnerven zu den Schenkelmuskeln nicht? Wohlan! verwickelt ench nicht in Erklärungen, die immer schwieriger, und die alle, wo nicht absurd, doch in der That nnwahrscheinlich werden; und schliesst vielmehr mit mir, dass wenn mit gleichartigen Metallen an nngleichartige thierische Theile applicirt keine Wirknngen erhalten werden, und wenn sie dagegen mit ungleichartigen Metallen an wirklich gleichartige thierische Theile applicirt erfolgen, es ganz das Spiel der Metalle ist.

dass die Spitze der Zunge den Geschmack empfand, dass der Boden des Auges einen momentanen Lichtschein erhielt, sobald nur ein Theil dieses Zirkels, nahe oder fern von dem Frosche selbst, von der Zunge selbst, von dem Auge selbst, durch zwey verschiedene Metalle, besonders von Silber und Zink, die unter einander durch unmittelbaren Contact, oder durch andere Metalle dazwischen, in Verbindung gesezt wurden, gebildet wurde. Hier sind also eine lange Reihe von Personen, der feuchte Boden und andere benetzte Körper hinreichend leitend, um den Strom der electrischen Flüssigkeit, der den Frosch erschüttern kann, ohne viele Schwächung durchgehen zu lassen. Wird man mir nun noch sagen, dass eine Person allein, welche die eine Hand in das Wasser des einen Glases und die andere in das andere hält, oder ein Streifen von ganz nasser und feuchter Pappe, oder ein anderer ähnlicher Leiter, nicht guter Leiter genug sey? Wird man noch behaupten, dass solche Körper die Entladung der electrischen Flüssigkeit aus dem Theile, worin man sie angehäuft annimmt, in den andern, worin sie mangeln soll, bey einem Frosche, [166] der auf der einen Seite mit den Füssen, auf der andern mit dem Rumpfe, in zwey Gläsern mit Wasser hängt, aufhalten oder verzögern? Lasst uns vielmehr sagen, dass eine solche Ladung, ein solcher Ueberschuss und Mangel der electrischen Flüssigkeit in den respectiven Organen des präparirten oder nicht präparirten Thieres nicht existirt, dass diess Fluidum darin vielmehr im Gleichgewicht ist, wie in allen andern Körpern; dass folglich der leitende Bogen, der von einer oder mehrern Personen, von Leder, von Tuch, von Pappe, oder von einem andern benezten Körper, überhaupt von nicht metallischen Leitern gebildet wird, nichts weiter dabey thun kann, als die Stelle eines Leiters zu vertreten, keinesweges diess Gleichgewicht stören oder aufheben, und keinen Strom der electrischen Flüssigkeit veranlassen kann, welcher zu den Nerven und Muskeln des in dem Kreise befindlichen Thieres trete, sie irritire und in Bewegung setze. Diese Effecte erfolgen nun jedesmal dann, wenn in die Kette, woraus der ununterbrochene Kreis besteht, metallische Körper oder Kohlen treten; diess beweist zur Evidenz, dass diese metallischen Körper und die Kohlen, ausser der allen Leitern gemeinschaftlichen Kraft, das electrische Fluidum, das bey gestöhrtem Gleichgewicht durch eigene Kraft von einem Orte zum andern zu treten strebt, frey durchgehen zu lassen, auch noch das

besondere und bewundernswürdige Vermögen besitzen, auf dieses Fluidum, wenn es auch im Gleichgewichte und in Ruhe ist, zu wirken, und es in Bewegung zu setzen, es sey nun durch Abstossen oder durch Anziehen; und zwar besitzt es das eine Metall mehr, als das andere, oder thut es in Beziehung auf das andere auf entgegengesezte Art: daher kömmt es nun, dass, wenn der leitende Kreis ununterbrochen ist, das electrische Fluidum in einen beständigen Wirbel kömmt: dass überhaupt die Metalle, viele metallische Erze, und Kiese, und die Kohle sich nicht als [167] blosse Leiter verhalten, sondern überdem noch als wahre Erreger und Excitatoren der Electrizität. Die ganze Zauberey, wenn ich so sagen darf, beruhet also auf den Körpern aus der Classe der Metalle, zu denen man noch wegen der Aehnlichkeit des Vermögens einige vegetabilische und thierische Kohlen setzen kann.

Wenn es aber so ist; wenn man ohne diese, mit blossen feuchten Leitern, auch in sehr lebhaften und aufs beste präparirten*) Fröschen schlechterdings keine Wirkung [168] er-

*) Ich darf nicht verhehlen, dass ich in Ansehung dieses Pnnktes sowohl von *Aldini* als von dem Anonymns in den obigen Anmerknngen citirten Werke widersprochen werde. Der erstere hat, gewissermaassen von mir herausgefordert, seit mehr als einem Jahre die gewöhnlichen Effecte der Convnlsionen im Frosche ohne Dazwischenknnft von Metallen hervorbringen können, und triumphirt deshalb, weil es ihm gelungen ist, wenn er sich anstatt derselben der Holzkohle bediente. Aber was? wenn ich schon entdeckt hatte, dass die Kohle eben wegen des Vermögens, von welchem hier die Rede ist, anch hierher gehört, dass sie anch ein Erreger der Electrizität ist, dass sie hierin Gemeinschaft mit den Metallen hat, und sogar das Silber übertrift; wenn ich diess schon bekannt gemacht, nnd eben diesem Herrn *Aldini* in Briefen mitgetheilt hatte; wenn er diess an der Stelle selbst anführt, wo er die von ihm nnternommenen Versnche, die Convnlsionen bloss durch die Kohle zn erregen, erzählt, wo er sich folgendermaassen ansdrückt (Diss. I. § XVIII):

»Cl. *Volta*, ut contractionem periclitarer nbi metallicnm nihil adest, datis hnmaniter epistolis, invitavit; carbonem siqnidem plnribns efferebat landibns, qnem omninm primns fuerat expertns animali esse Eletricitati armaturam aptissimam.«

Wie kömmt er nun nachher dazn, mir einznwerfen, dass die Armaturen von Kohle eben den Effect geleistet haben, als die von Metall, und wie glaubt er dadurch über mich zn triumphiren? Seitdem ich neben die Metalle die Kohle als einen Erreger der Electrizität, in dem von mir genommenen Sinne, gestellt habe, der nicht schwächer wirkt, als jene, nnd sogar stärker, als viele derselben.

hält; und im Gegentheil durch Dazwischenkunft der erstern, besonders bey Anwendung dererjenigen, die [169] in Ansehung

---

der sehr geschickt ist, znr Armatnr zn dienen, so ist es ja klar, dass, wenn ich Herrn *Aldini* und jeden andern auffordere, die Mnsknlarzusammenziehnngen ohne Beyhülfe der Metalle zn erregen, nnd mich versichert halte, dass es nicht gelingen wird, ich mit den Metallen anch die Kohlen habe ansschliessen wollen, indem ich sie ja zn den Erregern der Electrizität zähle, nnd sie immer mit unter ihnen verstehe, wenn in den besagten Versuchen von metallischen Leitern die Rede ist. So ist also der Einwnrf gegen mich von dem Gelingen der Versuche mit Kohle leicht gehoben; und es bleibt nichts übrig, als sich zu wundern, wie man diesen Einwurf habe machen können.

Wollte man in Ansehnng der Kohle die andern schon bey den Metallen motivirten Einwürfe machen, dass nämlich zwey Kohlen, nnd anch ein nnd dasselbige Stück Kohle, wenn sie die Stelle von Armatur nnd Bogen zugleich vertreten, dem ohngeachtet Convnlsionen in dem gnt präparirten Frosche erregen; so würde ich dieselbige Antwort geben. dass diess nämlich von irgend einem znfälligen Unterschiede zwischen Kohle nnd Kohle, und zwischen den Theilen desselbigen Kohlenstückes herrühre. Bey Metallen von einerley Art haben wir gesehen, dass anch kleine Unterschiede in der Härtnng, in der Politnr, iu der Wärme (Erster Brief,) nnd vielleicht in andern Modificationen, die wir nicht kennen, nicht geringen Einflnss haben: wie gross ist der Unterschied in Ansehnng der electrischen Action, von welcher hier die Rede ist, zwischen Eisen nnd Eisen! Aber er ist noch grösser zwischen Zinn nnd Zinn, zwischen gemeinem Blockzinn nnd Stanniol oder Blattzinn, nnd besonders zwischen sogenannten Silberpapier nnd Stanniol; ich weiss nicht, ob wegen der verschiedenen Legirung, oder wegen der grössern Politnr, oder des stärkern Spiegels, oder einer andern Ursache wegen. Bey der Kohle weiss ich nicht, ob nicht die verschiedene Beschaffenheit des Holzes viel Einflnss habe; sicherlich thnt aber das verschiedene Brennen sehr viel; es können aber anch andere znfällige Verschiedenheiten da seyn. Es ist Thatsache, dass zwey Stücke Kohle fast immer merklich verschieden sind, und nicht selten ist es dasselbige Stück in verschiedenen Punkten: diess lässt sich anch dnrch die Znnge entdecken; denn manchmal empfindet diese mehr oder weniger einen sanren Geschmack, wenn ihre Spitze oder ihr Rand an eine Kohle, nnd der Rücken derselben an eine andere mit jener commnnicirenden gehalten wird (eben so, wie es mit Stanniol nnd einem gemeinen Zinnstreifen erfolgt,) nnd manchmal auch, wenn sie an ein nnd dasselbige Stück Kohle gehalten wird. Welch Wnnder also, dass von zwey Kohlen, oder anch von einem einzigen Stück Kohle mehr oder minder starke Convulsionen in dem Frosche erregt werden, wenn man hier die Schenkel, und dort die Nerven oder das Rückgrat desselben davon berühren lässt, wenn er nämlich so präparirt worden ist, dass man die Schenkel bloss dnrch die Cruralnerven mit dem

des angezeigten Vermögens in der Ordnung sehr von einander abstehen, wie des Silbers und [170] Zinnes, oder besser des

---

Rückgrat verbnnden gelassen hat, und diese Nerven und die Mnskeln, zu welchen sie treten, höchst erregbar sind?

In dem andern Werke werden von seinem Verfasser einige Versnche vorgebracht, die den meinigen geradezn entgegen stehen, dass nämlich in dem gewöhnlicherweise präparirten Frosche ohne Metall (oder Kohlen) niemals Convulsionen erregt werden. Diese Versnche, welche mir entgegengesezt werden, sind folgende: Ein Frosch werde so präparirt, dass die blossen Cruralnerven, höchstens mit einem kleinen Stückchen des Rückgrates daran, von den Schenkeln herabhängen; wird nnn dieses Präparat so geneigt, dass diess Stückchen des Rückgrates, oder die Nerven selbst an die entblössten Schenkel anschlagen, so werden alle diese Mnskeln in Convulsionen gesezt. Hier ist nun kein Metall, kein anderer Leiter, keine Armatur, kein Bogen; der Bogen von den Nerven zn den Mnskeln wird bloss von den Muskeln und den Nerven selbst gebildet. Es existirt folglich die electrische Ladnng und Entladung, und geschieht bloss in den thierischen Theilen: es ist also die Electrizität den Organen eigenthümlich, ist nicht von anssen hinzukommend.

Diese Folgernngen würden passen, wenn die Erfahrnng sicher und beständig wäre, und wenn nicht Zweifel, ja sehr starker Verdacht bliebe, dass eine mechanische Reitzung die Ursache des Effects bey den Versuchen sey, wodurch sie inconclndent werden. Was das erstere betrift, so muss ich in Wahrheit gestehen, dass es mir bey Wiederhohlnng des Versuchs zwar gelnngen ist, manchmal Convnlsionen zu erregen; aber nur wenige male nnter sehr vielen, und niemals solche, die mit den auffallenden nnd enormen, mit den starken Schlägen und Sprüngen zu vergleichen wären, welche bey der Anwendnng der Metalle erregt werden. Was das zweyte betrift, so gestehe ich, dass ich sie niemals erhalten habe, anch nicht kleine und partielle, wenn der Frosch nicht ganz frisch präparirt war, und seine Muskeln nnd Nerven nicht den vollen Vigor der Vitalität so hatten, dass jeder mechanische Reitz, jeder Stoss und Drnck, anch mit den Fingern, auf die Nerven, jede Dehnung, u. s. w. hinreichend war, ähnliche allgemeine nnd partielle Convulsionen, tremores und subsnltus zn veranlassen. Knrz, das Experiment gelang mir nnr sehr wenige male, und bloss dann, wann in dem zerschnittenen Frosche das Hüpfen und Zittern der Fibern wegen der erlittenen Marter noch fortdanerte, oder kanm anfgehört hatte, wann diese Fibern gewissermaassen bey jedem Berühren nnd Druck, besonders der blossen Nerven, fühlten. Ich glanbte daher, und glanbe noch, auch diese Convulsionen, die in ähnlichen Umständen so oft erregt werden, dem bloss mechanischen Reitze znschreiben zn müssen, welchen die Nerven oder der Truncus des Rückgrates verursachen, wenn sie an die entblössten Schenkel des präparirten Frosches anschlagen.

Man sage mir nicht, dass, wenn man einen Theil gegen den andern nach und nach neigt, so dass sie sich einander mehr

Silbers und Zinks, die stärksten Muskelbewegungen in den schwächsten und erschöpften [**171**] Fröschen, noch viele Stunden lang, und sogar einen, zwey, und mehrere Tage hindurch, nachdem sie zerschnitten worden sind, und bey mannichfaltiger Abänderung der Versuche, erregt werden, wie ich es seit zwey Jahren mit immer neuer Verwunderung aller derjenigen, denen ich diese Versuche zeigte, gethan habe; so ist doch wohl Grund da, es vielmehr metallische Electrizität, als thierische Electrizität zu nennen; denn die Metalle erregen sie wirklich, und sie sind es ursprünglich, welche dem electrischen Fluidum Bewegung geben; die lediglich passiven thierische Organe fühlen es nur, sobald es auf diese oder eine andere Art erregt worden ist und sie durchdringt, besonders die Nerven; diese fühlen es um desto stärker, je gedrängter der Strom dieses Fluidums ist, der durch sie geht, der [**172**] aber immer durch eine äussere Ursache veranlasst wird. Wird solchergestalt den thierischen Organen jede eigenthümliche electrische Action, die nämlich von einem innern Princip abhängt, wieder genommen, müssen wir die schöne Idee, welche die ersten Versuche von *Galvani* veranlassten, und die auch ich mit Begierde ergriff, wieder aufgeben, so müssen dagegen die Organe, besonders die Nerven und die der Willkühr unter-

---

schwach berühren, als an einander stossen, es nicht scheine, dass eine merkliche mechanische Reitzung entstehen müsse; denn ich antworte, dass man dadurch nicht verhindern kann, dass die Nerven oder der Truncus nicht mit einigem Impetus gegen die Schenkel angeworfen werden, oder andrücken, eben wegen der oberflächlichen Feuchtigkeit, die kraft wechselseitiger Anziehung diese Theile zur Vereinigung sollicitirt, wozu sie deshalb mit beschleunigter Bewegung kommen. Es ist nicht schwer, diess zu beobachten; und bey gehöriger Aufmerksamkeit wird man auch wahrnehmen, dass die Convulsionen nur dann erfolgen, wenn ein Schlag oder Stoss statt hat, und zwar auch dadurch nur höchst selten, nämlich bloss dann, wenn die andern günstigen Umstände als sehr grosse Empfindlichkeit, u. s. w. statt finden, wie ich schon gezeigt habe.

Wir müssen also schliessen, dass diese gerühmten Versuche, die so grossen Verdacht eines mechanischen Reitzes lassen, nichts beweisen. Um nun einen solchen Verdacht auszuschliessen, müssen wir zu den Versuchen zurückgehen, wobey sowohl die Nerven, als die Muskeln des präparirten Frosches ruhig liegen, und sonst nicht berührt oder gedrückt werden, zu den Versuchen mit den zwey Gläsern Wasser, die ich oben vorgeschlagen habe, und andern ähnlichen.

worfenen Muskeln als einfache Electrometer von einer neuen Art und einer bewundernswürdigen Empfindlichkeit betrachtet werden.

[1] Dritter Brief.

Como den 24ten Oktob. 1795.

Seit den zwei langen Briefen, die ich an Sie, theuerster Akademiker und Kollege! vor einem Jahre geschrieben habe, und die in der Zeitschrift unsers gemeinschaftlichen Freundes des Doktors *Brugnatalli* erschienen sind, welche die vorgebliche, den Organen eigene, thierische Elektrizität betrafen, und in welchen man eine Ladung oder ein Uibergewicht voraussetzt; diese organische Elektrizität, welche [2] der geschickte Naturforscher und Anatomiker der Herr Professor und Doktor *Galvani* auf seine so schönen Versuche, und wahrhaftig zu bewundernden Entdeckungen gebauet hat, liess ich zwar einige Zeit gelten, aber bald fing ich an sie in Zweifel zu ziehen, und musste sie zu meinem Missvergnügen für falsch und unstatthaft erklären. Nachdem der grösste Theil der Naturforscher, vorzüglich jene ausser Italien meiner, in den obgedachten Briefen so wohl, als in anderen vorher erschienenen Abhandlungen und Schriften geäusserten Meinung beipflichteten, nämlich, dass in diesen Versuchen, eine wahre aber bloss künstliche, äusserliche durch die geschickt angewandte Leiter hervorgebrachte Elektrizität*) nicht zu verkennen sey. Nun [3] wachet

*) Es ist gar kein Zweifel, dass die in dergleichen Versuchen in Bewegung gesetzte Flüssigkeit nicht die wahre ächte elektrische sey, d. h. jene, welche sich in den Versnchen mit der gewöhnlichen Elektrizität, aus dem Gleichgewichte bringt, sich sammelt nnd entladet etc. Ich kann nicht begreifen, wie sich manche es haben einfallen lassen, dass es eine andere, von der elektrischen gänzlich verschiedene, oder eine blosse analoge, aber keine identische Flüssigkeit sey; eine specifische thierische auf eine gewisse Art elektrische ja wohl dabey wahre elektrische Flüssigkeit selbst, nur verschiedentlich modifizirt, mehr oder weniger ihrer natürlichen Eigenschaften beranbt, oder mit mehreren begabt, auf eine gewisse Art animalisiret, welche sie den Namen einer elektrisch-thierischen Flüssigkeit beigeleget haben. Das sind leere Begriffe, nnnütze, nngründliche Voraussetznngen. Zu was kann es dienen, Dinge, welche man erklären will, in viele nnverständliche Worte, in dnnkle, nnbestimmte Begriffe zu hüllen, als nm sie noch dunkler zu machen. Warnm wollen wir die elektrische Flüssigkeit,

aber hier in Italien die entgegengesetzte Meinung wieder auf, und wächst seit eines im vorigen Herbste erschienenen Werk-

---

nicht so wie sie ist beibehalten? und ihr die Wirkungen, von welchen wir handeln, nicht beilegen? Es ist nicht anders als die gemeine wahre elektrische Flüssigkeit, welche durch die Wirknng (eine neue und wahrlich wnnderbare Entdeckung) heterogener zur gegenseitigen Berührung gebrachten Leiter, in Lauf gesetzt wird, die Nerven reizet, sie angreift, durchläuft und durch sich selbst die Znsammenziehungen in den von ihnen abhängigen Muskeln hervorbringt; ganz das nemliche, welches geschiehet, wenn die Nerven von dem elektrischen Fluido durchdrnngen werden, welches von einer gewöhnlichen Maschine, einer leidner Flasche u. s. w. anf dieselbe geleitet wird. Die Wirkung auf die Nerven und Muskeln ist auf die eine und die andere Art sich ganz gleich. Von dieser Aehnlichkeit anf die Ursache zn schlüssen, ist schon an sich selbst ein grosses Argument. Bemerket man noch, dass es eben dieselben Nichtleiter, gute und schlechte Ableiter, der gemeinen Elektrizität sowohl als der in Bewegung gesetzten Flüssigkeit obgedachter Versuche sind, so kann gar kein Zweifel mehr obwalten, dass es nicht eine und die nämliche elektrische Flüssigkeit sey.

Die Einwürfe, von daher genommen, dass man keine Funken, oder ein anderes der gewöhnlichen elektrischen Zeichen bemerke, sind von gar keinem Gewicht. Man nimmt ebenfalls keines dieser Zeichen, bei sehr schwach elektrisirten Leitern und bei den so schwach geladenen Leidner Flaschen (wenn nämlich ihre Ladnng nicht $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{10}$ eines Grades des empfindlichsten Flaschenelektrometers misst) wahr. Und dennoch sind diess Entladnngen der wahren elektrischen Flüssigkeit, die die Leiter durchläuft, welche sie von einem Ende bis an das andere durchlassen. Unter diesem sind auch die empfindlichsten Nerven eines Thieres begriffen, nnd auf eine Art eingerichtet, dass sie den Lauf entweder ganz oder doch grösstentheils durch sich gestatten, und dass dieser, so schwach er auch immer ist, die Nerven dennoch empfindlich zu reizen, einen Geschmack auf der Zunge, ein Blitzen im Auge, und vorzüglich die Znsammenziehungen der von ihnen abhängigen Muskeln hervorzubringen, im Stande ist; wie ich es durch verschiedene Versnche mit der gewöhnlichen künstlichen Elektrizität bewiesen habe. Diese wunderbare Reizbarkeit der Nerven, (jener, welche zu den willkürlichen Bewegungen dienen) auf die elektrische Flüssigkeit, machet ans dem auf die Galvanische Art znbereiteten Frosche ein lebendiges Elektroscopium, welches die feinsten Elektrizitätsmesser mit Goldblätchen u. s. w. an Empfindlichkeit weit übertrifft. Es genüget uns voranszusetzen, dass die durch die Berührung unter sich verschiedener Leiter in Bewegung gesetzte elektrische Flüssigkeit ebenfalls äusserst schwach sey (eine sehr natürliche Voraussetzung) eben so schwach, wie wir oben von der Entladnng einer Leidner Flasche, welche man kaum eine Ladung nennen kann, um begreiflich zu machen, wie sie ebenfalls die Kraft habe, in den gedachten über allemassen reizbaren lebendigen Elektroscopen, Empfindungen und Muskelzusammen-

chens [4] des Dr. *Euseb. Valli*, welches wichtige und neue Versuche zu der Wiederherstellung des ersten, freilich itzt verlassenen Systems enthält, [5] ziemlich in die Höhe. Sicher sind dergleichen Versuche sehr günstig und stimmen mit der Hypothese, einer den Organen der Thiere [6] eigenen wirkenden Elektrizität, einem Uebergewichte der elektrischen Flüssigkeit zwischen den Nerven und ihren Muskeln, oder den innern [7] und äussern Theilen dieser Muskeln, überein. Dies Uebergewicht oder diese Entladung wird natürlich durch die Lebenskräfte hervorgebracht, und zeiget sich noch in den getödteten Thieren, und selbst in den abgeschnittenen Gliedern derselben, so lang nämlich noch ein gewisser Grad von Lebenskräften in ihnen ist. Ich sage dergleichen Versuche begünstigen nicht nur gar sehr diese Hypothese, welche von dem belobten Prof. *von Bologna* schön und verführerisch vorgetragen, und von seinen Neffen und Kollegen *Aldini* so wohl, als vielen andern seiner Anhänger als wahr angenommen und gegen meine starken Einwürfe vertheidiget worden ist, sondern sie scheinen sie selbst so unumstösslich zu beweisen, und ausser allen Zweifel zu setzen, dass viele von jenen, welche schon meine Meinnng angenommen hatten, oder auf dem Punkte waren dieselbe anzunehmen, wieder umkehrten, und auf's neue zu *Galvani*'s Fahne schwuren.

Die Meinung, welche ich mit so vielen Beweisgründen und Versuchen behauptet habe und noch behaupte, bringt alles auf ein [8] Spiel der geschickt angebrachten Leiter zurück, auf die Kraft, welche ich ihnen beilege, oder besser, mit welcher, wie ich die Entdeckung gemacht habe, sie begabet sind; dass sie nämlich dies reizen und bewegen, wo die Leiter, was immer für eine Klasse der Elektrischen Flüssigkeit begegnen oder dieselbe berühren. Daher kömmt es auch, dass wenn drei oder mehrere verschiedene Leiter einer den andern berühren, sie einen Leiterkreis bilden. So z. B. wenn zwischen zwey Metalle: Silber und Eisen, Blei und Messing, Silber und Zink, u. s. w. ein anderer oder mehrere nicht metallische Leiter gestellet werden. Ich meine jene Leiter, welche ich die nassen benannt habe, weil sie entweder selbst flüssig sind, oder eine Flüssigkeit in sich enthalten, worunter alle thierischen Körper, und alle ihre frischen und saftigen Theile gehören. Kömmt

---

ziehungen hervorzubringen, ohne einen Funken, oder ein anderes gewöhnliches elektrisches Zeichen zu geben.

nun ein Leiter dieser zweiten Klasse zwischen zwey der ersten, zwischen zwey verschiedene Metalle, und wird von ihnen berühret, so entstehet ein immerwährender Lauf, je nachdem die Wirkung, kraft der Berührung [9] auf der einen oder andern Seite das Uibergewicht hat*).

Diese Erklärung ist durch unzählige auf alle mögliche Art abgeänderte Versuche bewiesen worden, wie ich es in verschiedenen meinen Schriften gezeiget habe; sie allein ist geschickt die Ursache so vieler Erscheinungen, und auf jede andere Art unerklärbarer Anomalien [10] anzugeben. Ich habe also annehmen müssen, dass die eigene, wirkende Elektrizität der Organe, die so genannte thierische keinen Grund noch weniger entschiedene Beweise, welche sie bestätigten, für sich habe. Man muss also die thierischen Organe in dergleichen Versuchen, als bloss leidend betrachten, hingegen muss man die zur gegenseitigen Berührung gebrachten Leiter, als wirkend ansehen, ob gleich sie von einander unterschieden sind, ja um so wirkender und thätiger, je mehr sie in einem gewissen Bezuge von einander abweichen.

Dieses war vor drey Jahren schon bey mir entschieden **)

---

*) Dieses zeiget hinlänglich an, wie verschieden meine behauptete Elektrizität von der vorgeblich thierischen des *Galvani* und seiner Anhänger sey, Meine setzt keine Ladung, kein Uibergewicht, folglich auch keine Entladung in den thierischen Organen, eben so wenig eine eigentliche Ladung oder Entladung der Leiter, wohl aber einen Kreislauf, ein immerwährendes Vorwärts gehen der elektrischen Flüssigkeit voraus, welches durch eine geheime, aus der Berührung ungleichartiger Leiter entspringenden Kraft, erreget und im Gange erhalten wird. Sie sind also bei so bewandten Umständen mehr als einfache Leiter, denn sie reizen zugleich wahrhaft und bewegen.

**) Seit dieser Zeit bin ich immer mehr und mehr in der Meinung einer eigentlichen, künstlichen, durch eine äussere Ursache hervorgebrachten Elektrizität bestärket worden. Welche ich auf mehrerley Art bewiesen habe, vorzüglich durch die Versuche des Geschmackes, welchen ich mittelst der Metalle auf der Zunge zu erregen entdeckt habe. Dieser Geschmack ist entweder sauer oder alkalisch, je nachdem die Metalle z. B. das Silber oder der Zink, welche mit der Zunge den Leiterzirkel bilden, die Spitze derselben berühret. Die Wirkung der Leiter, kraft ihrer blossen Berührung, wenn sie nur sonst verschiedener Art sind, ist offenbar, (jene Wirkung nämlich, welche die elektrische Flüssigkeit zu einem Kreislaufe zwingt, sobald nur der Zirkel der Leiter vollkommen ist) und lässt sich in dem grössten Theile dieser Versuche mit Händen greifen. Vorzüglich in jenen, in welchen eine Berührung nasser oder Leiter der zweiten Klasse an den entgegengesetzten Enden mit der der ersten

und ich behaupte es noch heute. Ich werde nun die neuern Versuche [11] des Dr. *Valli* und Anderer herzählen, und wir

---

Klasse oder Metallen sehr verschiedener Art, z. B. mit Gold oder Silber von der einen Seite, von der andern aber mit Eisen, oder besser mit Bley oder Zinn, am besten aber mit Zink, statt hat. Dnrch diese Versuche habe ich auch noch die Richtnng des durch dergleichen Berührungen hervorgebrachten Lanfes der elektrischen Flüssigkeit entdeckt; vom Zinne oder Zinke nämlich mittelst der dazwischen gelegten nassen Leiter auf das Gold oder Silber; Insgemein von dem obern auf das untere Metall, dadurch, dass sie die Leiter der zweiten Klasse oder die Nassen dnrchdringt nnd das zwar mit einer um so grösseren Stärke, je weiter die Leiter der ersten Klasse, die Metalle von einander abstehen. Und zwar in der Ordnung wie ich sie hier unten auf einander folgen lasse. Diese auf meine Versnche gegründete Ordnnng, entwarf ich schon zu Anfange des Jahres 1793. (Siehe die zwey vorhergehenden Briefe, andere Abhandlungen, nnd Briefe an verschiedene meiner Freunde, welche in verschiedenen Zeitschriften abgedrncket sind.) Meine Ordnung weichet sehr wenig von jener ab, welche der Dr. *Pfaff* ebenfalls im Jahre 1793 ans Licht gestellt hat. Freylich war sie daznmal auf wenige Metalle eingeschränkt, gegen das Ende 1794 wurde sie dadnrch vermehrt, dass verschiedene Halbmetalle, Kiese und Stuffen in dieselbe anfgenommen wurden. S. Journal der Physik von *Gren*, 8r. B. 1794.

Tafel.

Die Leiter der ersten Klasse, welche eine besondere Kraft besitzen, die elektrische Flüssigkeit zu reitzen nnd sie vorwärts in die nassen, oder die Leiter der zweiten Klasse zu treiben.

Zink.
. . . .
. . . .
. . . .
Zinnblättchen, welche man nneigentlich Silberpapier nennet.
. . . .
. . . . } verschiedene Staniole (Zinnblättchen).
Bley.
Einige Arten Zinn in Scheiben oder Stangen.
Spiesglaskönig.
Eine andere Art Zinn.
Einige Arten Eisen.
Wismutkönig.
Andere Arten Eisen.
Verschiedene Messinge (Bronzi).
Messing.
Kupfer.
Coboltkönig.
Unkristallisirten Schwefelkies.
Bleyglanz, würflicher.

werden sehen, dass sie trotz aller ihrer günstigen Scheinbarkeit für die Theorie des *Galvani*, [12] trotz des vielen Ge-

---

Platina.
. . . .
Qnecksilber.
Würflicher Schwefelkies.
Kristallisirter Arsenickkies.
Gold.
Silber.
Strahliges Graubrannsteinerz.
Knpferkies.
Reissbley.
Einige Holzkohlen.

In Rücksicht dieser Tafel mnss ich zwey Anmerknngen machen. Die erste ist, dass die pnnktirten Linien nnter einigen der genannten Körper, eben so viele Entfernnngsgrade, oder den Unterschied der vermehrten Kraft anzeigen. Im Gegentheil da, wo die hergezählten Körper nnmittelbar anf einander folgen, bestehet der Unterschied nnr in einem Grade, mitnnter ist dieser Unterschied sehr klein, nnd zwar so klein, dass mir noch mancher Zweifel nach so vielen über diesen Gegenstand angestellten Versnchen, übrig bleibt, ob ein jeder dieser Körper gerade an seinem gehörigen Platze stehe, nnd ob nicht mancher seine Stelle mit seinem Nachbarn vertanschen, oder mit ihm anf eben derselben stehen solle? Es hängt vielleicht noch von znfälligen Umständen ab, ob von zweien unmittelbar anf einander folgenden Körpern, der obere in Ansehnng des Untern, oder nmgekehrt einiges Uebergewicht habe? je nachdem nämlich die Versnche abgeändert werden. Wenn daher anch der Unterschied zn gering, manchmal nngewiss oder zwischen den nächst anf einander folgenden Körpern, die nach der obigen Tafel (welche dnrch künftige Versnche noch immer vergrössert nnd rektifiziret werden wird) nnr einen Grad von einander abstehen, sehr veränderlich ist; so ist sie doch änsserst merklich nnd nnterlieget keiner Ungewissheit in jenen, welche nm mehrere Grade von einander abstehen, als z. B. das Silber von dem Eisen, von den Zinnblättchen oder dem Zinke. Der Unterschied ist anch nicht mehr zweydeutig, wenn die Körper anch nnr nm 3—4 oder mehrere Grade von einander abstehen, wie z. B. zwischen dem Spiesglas — nnd Wismntkönig, zwischen dem Knpfer nnd Eisen, der Platina nnd dem Silber n. s. w.

Die zweite ist, dass nicht nnr die Metalle, sondern anch viele Erze, vorzüglich Schwefelkiese, obgleich sie mehr Schwefel (welches eine nicht leitende Materie ist) als metallische Snbstanz enthalten, dennoch beinahe eben so gute Leiter abgeben, als reine Metalle; Im Gegentheil aber, zeigen sich andere reiche Erze, ja selbst die reichsten, wenn sie oxidiret, oder in einem kalkförmigen Znstande sind, als sehr schlechte Leiter. Hier kommt noch anzumerken, dass die genannten Kiese oder metallische Schwefel zugleich mit der leitenden Kraft welche, wie wir gesagt haben, sie in einem gleichen Grade mit den Metallen, anch die Erregende

räusches, mit welchem sie seine Anhänger annahmen, wenn wir sie, wie es sich gehört, nach allen ihren Umständen, [13]

---

besitzen, nnd nehmen in dieser Rücksicht die nähern Plätze nach dem Golde und Silber ein, welchen sich allein (nm einige Grade nnter ihnen) das Reissbley nnd die Kohle nähern. Alle diese Körper bringe ich nnter eine Klasse, welche ich die erste Klasse oder die metallischen Leiter nenne.

Ich komme nun anf nnsern Gegenstand zurück, so oft zwey solcher Elektrizitäterreger nnd Leiter zngleich, der ersten Klasse von verschiedener Art, einer von dieser, der andere von jener Seite nasse fortgehende Leiter der zweyten Klasse berühren, nnd endlich einer den andern entweder nnmittelbar berührt, oder mittelst eines dritten beide berühret werden, nnd anf diese Art einen Zirkel von Leitern bilden, so wird die elektrische Flüssigkeit in Bewegnng gesetzt, nnd beweget sich in einem Kreise, nnd zwar in der Richtnng, dass sie, von den in der Tafel höher stehenden Leitern der ersten Klasse, anf die niedriger stehenden, indem sie die zwischen ihnen sich befindenden nassen Leiter der zweiten Klasse dnrchdringt, hinabgehet. Auf diese Art verfolgt sie ihren Zirkel so lange, als dieser nicht an irgend einer Stelle nnterbrochen wird. Dieser Lanf ist nm so stärker, je mehr die Leiter der ersten Klasse von einander nnterschieden, oder je weiter sie anf der voransgeschickten Tafel von einander entfernt sind. Alles dieses habe ich mit so vielen nnd überzeugenden Versuchen so dargethan, dass dieserhalb gar kein Zweifel mehr obwaltet. Man mnss also in den meisten Fällen, in welchen ein Zirkel oder eine Kette verschiedenartiger Leiter statt hat, wie anch in jenen, in welchen ansser den zwey verschiedenen Leitern der ersten Klasse anch noch nasse Leiter in den Zirkel aufgenommen werden, annehmen, dass kraft der beyderseitigen Berührung, ein elektrischer Kreislanf hervorgebracht werde, dessen Richtung nnd Stärke, wird von jener der zwey Wirknngen, welche sich in den respektiven Berührungen entwickeln, bestimmt, welche die Oberhand hat. In dem Falle, in welchen man keine metallischen Leiter, oder ähnliche Metalle anbringt, könnte es scheinen, dass die thierischen Organe viel eher als die angebrachten Leiter die elektrische Flüssigkeit in Bewegung setzten, dass in ihnen ein wahres Uibergewicht dieser Flüssigkeit die Oberhand habe, nnd dass sie also blos die Stelle der Entlader vertreten. Wenn es, wie ich sage, das Ansehen haben kann, dass die Mnskelbewegnngen von einer wahren und eigenthümlichen thierischen Elektrizität herkommen, so dürfen wir uns dennoch nicht alsogleich von diesem Anscheine verführen lassen, und das Prinzip einer eigenthümlichen nnd wirkenden Elektrizität als ausgemacht annehmen; da sich die wenigen Versuche durch unser einziges Prinzip — die Wirknng nämlich der Berührnng nngleichartiger Leiter, welches alle Erscheinnngen erkläret, anch erklären lassen. Ein Princip, welches dnrch so manigfaltige Beweise bestättiget ist. Ich werde dahero zeigen, dass sich nicht nnr der grössere Theil, sondern alle nnd jede Versnche durch dasselbe erklären lassen. Ans dieser Ursache wird das andere Prinzip der

und den verschiedenen vielfachen Beisätzen untersuchet haben werden, dass sie, sage [14] ich, meine Meinung einleuchtend beweise, und der entgegengesetzten jede Stütze und jede Zuflucht raube.

[15] Ich weiss nicht, mein lieber Professor, ob ich Sie auch noch unter jene zu zählen habe, welche für eine eigene wahre, in den oben [16] erklärten Sinne thierische Elektrizität sind. Denn Sie suchten von jeher (vielleicht auch itzt noch) das Reich der Elektrizitat zu sehr auszubreiten, [17] und ihm die grösstmögliche Zahl der natürlichen Erscheinungen, vorzüglich aus der vegetabilischen und thierischen Oekonomie, zu [18] unterwerfen. Selbst äusserten Sie getäuscht in einem ihrer Werkchen den Glauben an eine willkührliche Elektrizität in den Thieren, und suchten sie mühsam durch verschiedene Versuche, wovon einige wirklich ganz sonderbar sind, zu beweisen; und dieses Alles viel früher, als die [19] überraschenden Entdeckungen des *Galvani* bekannt wurden. Welch einen Eindruck die Versuche des Bolognaschen Professors auf Sie gemacht haben, weiss ich eben so wenig, wie Sie in der Folge meine ausgedehnteren und vielfältig abgeänderten Versuche aufgenommen [20] haben, aus welchen ich mancherley Folgen zog, welche für die thierische Elektrizität nichts weniger als günstig ausgefallen sind. Und endlich wie Sie mit den Versuchen des Herrn Dr. *Valli* und ähnlichen Versuchen, welche diese Elektrizität unerschütterlich wieder herstellen [21] sollten, zufrieden waren. Ich weiss, dass letztere manchen, wie ich schon oben gesagt habe, getäuscht haben. Sie sahen, dass man an frisch zubereiteten und sehr empfindlichen Fröschen selbst ohne Dazwischenkunft irgend eines metallischen Leiters oder einer Kohle, eine Art der Zusammenziehungen hervor-

---

vorgeblichen organischen Elektrizität also überflüssig und auch sehr unwahrscheinlich. Es wird um so unzulässiger, wenn man bey der Anwendung eines solchen Prinzips und der darauf gebaueten Theorien bei jedem Schritte, auf neue Hindernisse und unerklärbare Anomalien stösst; welches ihre Vertheidiger schon erfahren haben, da sie gezwungen worden sind, mancherley Wege auszudenken, Hypothesen auf Hypothesen zu häufen, um nur irgend eine Erklärung zu geben und auf irgend eine Art die sich widersprechenden Versuche vereinigen zu können. Sie hören aber auf sich zu widersprechen, bieten keine Anomalien mehr dar, sobald sie auf mein aufgestelltes Prinzip zurückgebracht werden, durch welches sie, wie wir sogleich sehen werden sehr leicht und deutlich zu erklären sind.

brachte, welche ich als unmöglich angegeben hatte,*) weil es mir dazumal noch nie gelungen war, [22] (auch gelinget es äusserst schwer.) Sie gaben also den Vertheidigern der thierischen Elektrizität, [23] des vorgeblichen Uibergewichtes der elektrischen Flüssigkeit zwischen den Nerven und den dazu gehörigen Muskeln oder zwischen den inneren und äusseren Theilen dieser Muskeln, gewonnenes Spiel. Und dennoch erweisen diese Versuche auf keine Weise diese thierische Elektrizität. Sie zeigen nur an, dass ich zu weit gegangen sey, als ich sagte, dass mittelst der nassen Leiter allein, ohne Dazwischenkunft eines metallischen Leiters der ersten Klasse, keine Zusammenziehungen in den, auf was immer für eine Art zubereiteten, obgleich äusserst empfindlichen Fröschen hervorgebracht werden könnten. Dieses muss ich zurücknehmen, oder meine zu allgemeinen Ausdrücke verbessern, nicht zwar in Rücksicht auf den Hauptsatz, welchen ich behauptet habe, und noch immer behaupte, das ist: dass die Bewegung der elektrischen Flüssigkeit nicht von den thierischen Organen, in welchen sich dieselbe, nach der Meinung der Galvanianer als eine Ladung oder ein Uibergewicht befindet, herrühre, wohl aber von der Kraft, welche aus der Berührung ungleichartiger, den Leitungsbogen bildender Leiter, entspringt. Kurz, dass selbst in solchen [24] Versuchen, bey welchen man sich keiner Metalle bedient, eine künstliche, durch eine äussere Ursache,

*) Dieses sagte ich zu dreist in meinem zweyten Briefe des verflossenen Jahres, dass ausser den Metallen, Erzen und Holzkohlen, welche theils der Kraft wegen, von welcher gehandelt, theils weil sie vortrefliche Leiter abgeben, unter die Metalle gerechnet werden müssen, kein anderer Leiter als Bewegung angebracht, geschickt sey, den elektrischen Geschmack auf der Zunge, noch das Blitzen in den Augen, das Brennen, noch irgend eine Bewegung in den Muskeln der lebhaftesten aufs beste zubereiteten Frösche hervorzubringen. Alles dieses ist richtig, bis auf die letzte Zeile, in welcher ich die Wahrheit überschritten habe: dass ohne Dazwischenkunft der metallischen Leiter keine Zusammenziehungen der Muskeln bey Fröschen statt finden, sie auch so lebhaft und so gut zubereitet seyn, als es nur immer möglich ist. In dieser, und andern Stellen habe ich zu viel gesagt, welche ich ebenfalls anführen muss. »Dass mit den nassen Leitern allein, ohne jene, (die metallischen) in den lebhaftesten und auf's beste zubereiteten Fröschen keine Zusammenziehungen erreget werden können«. Dann sagte ich noch in der letzten Note: »Dass die Zusammenziehungen der Muskeln nicht statt fänden, wenn der Leitebogen nicht von Metall sey«. Man soll aber sogleich sehen, wie diese Ausdrücke zu nehmen, oder auszulegen sind.

keineswegs aber eine durch eine innere Kraft der Organe, Nerven, oder Muskeln hervorgebrachte Elektrizität statt finde.

Um nnn wieder auf diese Versuche zu kommen, so nimmt es mich gar nicht Wunder, dass selbst viele von jenen überraschet worden, welche anfänglich die vorgebliche thierische Elektrizität nicht glaubten und sich nun öffentlich für sie erklärten, nämlich alle jene die nnr bey diesen stehen blieben und nicht reiflich über alle Umstände nachdachten. Ohne diesen Nachdenken mnssten alle getäuscht bleiben (nnd wer war dies beym ersten Anblick nicht), wenn sie stärkere oder schwächere Zusammenziehungen in allen Muskeln der Hinterfüsse eines vollkommen zubereiteten Frosches, bloss dadurch entstehen sahen, dass man mit einem dieser Füsse, die Schenkel oder ischiatischen Nerven, oder selbst nnr die Rückenmuskeln berührte.

Dies ist der vorzüglichste Versnch, durch welchen *Valli* und mit ihm alle älteren und [25] neneren Galvanianer glauben, dass sie ihre Sache gegen mich gewonnen und mich zum Stillschweigen gebracht haben. Andere, diesem ähnliche Versuche sind: den Frosch mit der einen Hand bey den Füssen halten, und mit dem Finger der andern, oder mit der Znnge die herabhängenden Schenkelnerven, oder das Stück Rückgrat, welches man am Frosch gelassen hat, zu berühren. Oder den Frosch eben so bey einem Fusse zn halten, und das Stück Rückgrat oder einen Theil des Rumpfes, wenn dieser entweder ganz oder doch grösstentheils daran gelassen worden ist*) in

*) Bey der Zubereitung der Frösche nach der von Hrn. *Galvani* angegebenen Weise, lässt man gemeiniglich an den ischiatischen Nerven nur ein Stückchen des Rückgrats, höchstens drey oder vier Wirbelknochen. Ich aber lasse gewöhnlich den ganzen Rumpf mit den Vorderfüssen daran, nnd schneide nnr den Kopf ab. In vielen Versuchen gewehret mir dieses Vortheile nnd Beqnemlichkeit zugleich. Einen Frosch gänzlich zn tödten finde ich am beqnemsten, wenn man ihm ein Stäbchen der Länge nach ins Rückenmarck stösst; da geräht er in ein heftiges Zncken, strecket die Hinterfüsse von sich, und stirbt bald daranf ganz; das heisst, seine Glieder entspannen sich, nnd werden natürlich nnbeweglich; nnd nur für die mechanischen noch mehr aber für die elektrischen Reitze behalten sie noch für eine lange Zeit einige Bewegbarkeit. In einem solchen Zustande können die Bewegungen, welche man mittelst der Leiter n. s. w. erhält nicht zweydentig seyn, oder mit den willkürlichen Bewegnngen vermengt werden, wie in jenem Falle, wenn der Frosch, obgleich ihm sein Kopf abgeschnitten worden ist, sein Rückenmark nnverletzt erhält, gewissermaassen

ein [26] Näpfchen Wasser zu stecken, mit dem andern Fusse oder Schenkel aber das Wasser zu berühren; und auf beyderley Weise erhält man manchmal Zusammenziehungen. Welches ebenfalls auf jene Art geschiehet, die in dem anonymen Werkchen, (unter dem Titel: Von dem [27] Gebrauche und der Wirkung des Leitbogens in den Zusammenziehungen der Muskeln. Modena. 1794) beschrieben ist, von welchem ich, in den Noten des im vergangenen Frühjahrs an Sie geschriebenen zweyten Briefes zu reden Gelegenheit hatte. Diese Weise bestehet darinn, dass man mit den herabhängenden Nerven oder den noch daran gelassenen Stückchen Rückgrates, die Dickbeine oder Schenkel berühre.

Diese und ähnliche Versuche, in welchen kein metallischer Leiter, keiner von denen, welche ich Erreger (eccitatori) genannt habe, vorkömmt, in welchen ein Theil des Thieres selbst den Leitebogen ausmacht, oder, wenn er ihn ja nicht ganz ausmacht, dennoch den Leitezirkel mit andern nassen Leitern ergänzen hilft. Diese Versuche, rufen die Galvanianer, sind entscheidend, sind überzeugend. In diesen kann die Elektrizität nirgends anders her, als aus den thierischen Organen gefolgert werden, in welchen sich die elektrische Flüssigkeit in dem Stande einer Ladung, oder einem aus dem Gleichgewichte gebrachten Uibergewichte zwischen [28] den Nerven und Muskeln, in welchen jene ihren Sitz haben, oder zwischen den äussern und den innern Theilen der Muskeln selbst, befindet, welches dem Herrn *Galvani* das wahrscheinlichste ist. Nun was sagen Sie dazu, mein lieber Freund! geben Sie es ihnen so gleich schlechterdings gewonnen? oder bleiben Sie der vielen von mir angeführten Versuche wegen, noch unschlüssig? aus welchen es erhellet, dass diese Elektrizität bloss künstlich sey, und dass die elektrische Flüssigkeit durch eine äussere Ursache, durch eine Kraft, welche aus der Berührung ungleichartiger Leiter entspringt, hervorgebracht werde? oder um Frieden zu halten, wollen Sie beyde Prinzipien gelten lassen, und annehmen, (welches ich auch einmal aber nur eine kurze Zeit that,)*) dass [29] einmal das eine, ein andermal

---

noch lebet, oder wenigstens die Beine gefaltet und angezogen hat, und dem, welcher sie ausstrecken will, Widerstand leistet, sie mit Gewalt wieder zurückziehet, u. s. w.

*) In einem Briefe an den Abt *Tommaselli* in Verona schrieb ich im August 1792. »Ich habe viele neue Erscheinungen erhalten, welche, indem sie wahrscheinlich die Wirkungen der thierischen

das zweite Prinzip Ursache dieser Zuckungen sey? Aber sie können [30] kühn glauben, dass die ungleichartigen Metalle

---

Elektrizität ausdehnen, die Erklärungen des Herrn *Galvani* grösstentheils zu nichte machen, und zeigen, auf welche Art die Muskelbewegungen, welche durch die Metallbelegungen hervorgebracht werden, gewöhnlich die Wirkung einer künstlichen äussern Elektrizität sind; aber dennoch nicht immer, wie man zu glauben veranlasst werden könnte. Ich habe ebenfalls bewiesen — dass die elektrische Flüssigkeit durch die blosse organische Kraft zwischen den Nerven und Muskeln oder zwischen den innern und äussern Theilen des Muskels, aus dem Gleichgewicht gebracht, und in eine Bewegung gesetzet werden könne. Daher stehet also diese grosse Entdeckung des Hrn. *Galvani* einer wahren thierischen Elektrizität noch immer vest und aufrecht, sie muss aber auf sehr wenige Erscheinungen zurückgebracht werden.« Und bald darauf sagte ich: »Lassen wir das Erklären, und bleiben wir lieber bey dem durch eine zweyfache Belegung von verschiedenen Metallen verursachten Uebergange der elektrischen Flüssigkeit aus einem Theile des Thieres in einen andern, stehen; ich sage nun, tritt ein dergleichen Umstand ein, das heisst, sind diese Belegungen verschieden, so entstehen diese Bewegungen, und sie unterbleiben gänzlich, wenn diese Belegungen, nur von einem und demselben Metalle sind. Man kann also mit Grunde nicht sagen, dass im ersten Falle eine thierische Elektrizität im Spiele sey, sondern man muss diese Wirkung ganz allein einer künstlichen durch dieses neue Mittel hervorgebrachten Elektrizität beymessen.

Im entgegengesetzten Falle, wenn der Nerve auf die Art des Herrn *Galvani* entblösset und isoliret wird, und man berühret diesen und den Muskel, in welchem er seinen Sitz hat, mit den zwey Enden eines Metalldraths, wenn gleich der Nerve sowohl als der Muskel nur mit einerley Metalle auf eine und ebendieselbe Art beleget sey, so entstehen nichts destoweniger die Zuckungen; dann aber können wir mit Sicherheit behaupten, dass eine wahre und eigenthümliche thierische Elektrizität die Ursache dieser Erscheinungen sey. Und wahrlich, woher könnte auch die Bewegung der elektrischen Flüssigkeit kommen, da die Ursache nicht in der Kraft der Belegungen, welche ganz gleich sind, liegt, wenn sie nicht ursprünglich in den organischen Theilen selbst, auf welchen diese Belegungen angebracht sind, läge? Dieser Zustand einer natürlichen Elektrizität, eines Uibergewichtes zwischen den Nerven und den Muskeln kann nach dem Tode und der Dissektion eines Thieres nur eine kurze Zeit dauern, daher hört auch ein auf diese Art zubereiteter Frosch in einigen Minuten auf, sich zusammen zu ziehen; anstatt dass das Thierchen mittelst der ungleichartigen Belegungen von Stunde zu Stunde die Zuckungen wiederholet, selbst dann noch, wenn beyde auf die äussere Seite ohne irgend einen Nerven zu entblössen, gebracht werden.«

Um nichts anders erklärte ich mich in einem andern, um diese Zeit geschriebenen langen Briefe an einen berühmten holländischen Naturforscher den Hrn. *van Marum* (dieser Brief soll in den Ab-

mit ihren nassen Mitleitern ganz gewiss [31] die Kraft besitzen, die elektrische Flüssigkeit, zu bewegen, und dass diese Wir-

---

handlungen der Harlemer Gesellschaft abgedruckt worden seyn,) auf eine ähnliche Art in einer Abhandlung, welche fast um eben diese Zeit an die k. Societät zu London geschicket worden ist, und welche in dem Bande der Philosophischen Transaktionen für das Jahr 1793 erschien. Auch davon will ich hier eine Stelle anführen. »Endlich, da man es mittelst der Belegungen mit verschiedenen Metallen, des Nerven und der Muskeln allein dahin bringt, Zuckungen in denselben, und eine Bewegung in den Gliedern zu erregen; so muss man daraus schliessen, dass, wenn es der Fälle giebt (welches noch immer zweifelhaft ist) in welchen die vorgebliche Entladung zwischen den Nerven und den Muskeln die Ursache dieser Muskelbewegungen ist, von welchen es sich hier handelt; so muss es auch der Fälle, und das zwar sehr oft geben, in welchen man eben diese Bewegungen durch ein ganz anderes Spiel, durch einen ganz andern Umlauf der elektrischen Flüssigkeit erhalte.

Ganz gewiss ist dies ein ganz anderes Spiel dieser Flüssigkeit, deren Gleichgewicht man vielmehr störet, als herstellet, welche von einem Theile auf den andern übergehet, und dies nicht aus Folge eines Uebermaasses oder Mangels, sondern durch eine eigene Wirkung eben dieser Metalle, so bald sie von verschiedener Art sind. Auf diese Art entdeckte ich dieses mein Gesetz, kein Gesetz der thierischen, wohl aber der gemeinen Elektrizität, welcher man den grössten Theil der Erscheinungen zuschreiben muss, die nach den Versuchen des Hrn. *Galvani*, als auch nach vielen der meinigen, welche ich nach jenen dieserwegen angestellet habe, einer wahren willkürlichen thierischen Elektrizität anzugehören scheinen, ihr aber gar nicht zukommen. Denn sie sind in der That die Wirkungen einer sehr schwachen gemeinen Elektrizität, welche auf eine Art erreget wird, auf die man nie gedacht hat, durch die Belegung nämlich zweyerley Metalle, wie ich es schon gesagt habe, und in der Folge noch deutlicher erklären werde.«

Ich muss hier bemerken, dass ich nach der Entdeckung dieses neuen bis itzt unbekannten Gesetzes der künstlichen Elektrizität alsogleich ein Misstrauen in alles setzte, was immer diese natürliche, im eigentlichen Sinn thierische Elektrizität zu beweisen schien, und dass ich auf dem Punkte war, ganz von ihr abzugehen. Aber als ich nochmals alle diese Erscheinungen einer überdachten Prüfung unterwarf, und in dieser Hinsicht die Versuche wiederholte, so fand ich, dass einige davon diese Prüfung aushielten; z. B. jene, bey welchen man der verschiedenen, ja selbst gar keiner Belegung nöthig hat, wo ein einfacher Metalldraht, ja selbst jeder andere Körper hinreichet, den Leitebogen zwischen den entblössten Nerven und den dazu gehörigen Muskeln abzugeben, und in diesen letztern die Zuckungen hervorzubringen; dass also eine natürliche, thierische, eigentlich organische Elektrizität da sey, und nicht gänzlich über Haufen geworfen werden könne. Die Erscheinungen, welche sie beweisen, obgleich sie sehr gering an Zahl sind, hören

kung, dieser [32] dadurch erregte elektrische Lauf viel zu schwach sey, um durch gewöhnliche Elektrizitätsmesser [33] angezeiget zu werden, aber mehr als hinlänglich stark, um die willkürlichen Nerven, oder [34] besser die respektiven und andere sehr empfindliche Muskeln, durch welche die Flüssigkeit vereint durchgeht, [35] zu reitzen. Diesen genugsam wirkenden Lauf, fühlen die schon seit langer Zeit zubereiteten, [36] und schon sehr schwachen Frösche — so ebenfalls die nicht ganz zubereiteten, und auch jene, deren Nerven noch mit der Haut bedeckt sind, ja selbst die von ihnen, oder von jedem andern Thier abgesonderten Muskeln. Diesen Lauf fühlen, wie ich entdeckt habe, die Nerven des Geschmacks, des Gesichts u. s. w. Sie können nun meinen vielen Versuchen, in welchen bloss durch Hülfe verschiedener Metalle die obgemeldten Wirkungen erhalten werden, [37] Glauben beymessen oder nicht? Oder Sie können zur nämlichen Zeit auch noch glauben, oder wenigstens vermuthen, dass die Bewegung elektrischer Flüssigkeit manchmal von einer Ladung oder einem Uibergewichte in den thierischen Organen, (wie es die Galvanianer für wahr annehmen) herrühre. Wenn z. B. die Zuckungen entweder mittelst eines einzigen Stück Metalls, oder auch ohne

---

dennoch nicht auf sie ausser Zweifel zu setzen, wie ich eben angezeiget habe und weiter unten ausführlicher zeigen werde.«

Aber späterhin wurde ich gezwungen diese ganze Idee aufzugeben. Da ich schon gefnnden hatte, dass die erregten Zucknngen grösstentheils einer künstlichen Elektrizität zugeschrieben werden müssen, welche durch die Anwendung und durch die gegenseitige Berührnng ungleichartiger, vorzüglich metallischer Leiter, ungleich eher, als dnrch die vorgebliche thierische Elektrizität in Bewegnng gesetzt werden, so musste ich argwöhnen, dass auch in jenen ziemlich seltnen Fällen, in jenen wenigen Versnchen, in welchen die Zncknngen ohne Dazwischenkunft metallischer Leiter dennoch statt haben, und den Glauben an eine wahre thierische Elektrizität (durch welche ich die Theorie des Hrn. *Galvani* wenigstens znm Theil erhalten wollte) annoch zulassen, dass sie, sage ich, ebenfalls die Wirkung einer äussern Elektrizität, das ist einer durch die Berührung der verschiedenen Leiter des Kommunikationsbogen hervorgebrachten Bewegung seyn könnte. Dieser Argwohn bestätigte sich, zum Unglück der armen thierischen Elektrizität, der nun gar keine Stütze blieb, in dem Maasse, in welchem ich mit meinen genauen und vielfältig abgeänderten Untersuchungen und Versnchen vorwärts gieng; wie ich es in meinen spätern Schriften, vorzüglich in meinen zwey Briefen an den Hrn. Abt *Vassalli* 1794 gezeiget habe, und itzt in diesen und den folgenden vollends beweisen werde.

Metall, bloss durch einen Leitebogen nasser Leiter, wie es die neuern Versuche zeigen, hervorgebracht werden. Lässt man nun eine solche Ladung, eine solche Tension in den thierischen Organen zu, so muss sie äusserst schwach und von einer sehr kurzen Dauer seyn; bemerken muss man auch, dass sie gewöhnlich nur schwache, nnd dies nur selten, Zusammenziehungen hervorbringe, und zwar nur bey frisch und sehr gut zubereiteten und noch mit vieler Lebenskraft versehenen Fröschen. Aber wenn, wie ich handgreiflich beweisen werde, das Prinzip der ungleichartigen Leiter, eines durch so viele klar redende, und ohne Vergleich zahlreichere Beweise bestätigten Prinzips, auch noch hinreichet, die wenigen zweifelhaften Versuche zu erklären, [38] warum seine Znflucht zu einem andern, nicht bewiesenen, zu einer wahren thierischen Elektrizität nehmen? Warum zweyerley von einander so verschiedene Prinzipien zu diesen so ganz gleichen Erscheinungen annehmen.*)

Bey der näheren Beleuchtung nnd Untersuchung dieser Versuche, dnrch welche mir es gelungen war Zuckungen in einem Frosche mittelst zweyer Belegungen von ein und demselben Metalle, und mittelst eines Bogens aus einem Metalle ohne andere Belegung, zu erregen, entdeckte ich, dass eine kleine zufällige Verschiedenheit in der Beschaffenheit dieser Belegungen oder dem Ende des Bogenleiters, z. B. in der Politur u. s. w. hinreiche, um die elektrische Flüssigkeit in eine Bewegung zn setzen, sie in einen Lauf zu bringen, und einen vollkommen und frisch zubereiteten Frosch zn bewegen. Diese Entdeckung, welche sich durch unzählige Versuche bestättiget fand, war der Gegenstand des ersten, der schon oft erwähnten Briefe, welchen ich voriges Jahr schrieb. Einige Monate darnach wurde meine Aufmerksamkeit [39] durch die neuern Versuche des Herrn Abts *Valli*, bei welchen man sich gar keiner Metalle bedienet, aufgeregt. Ich machte sie nach, analysirte sie, wiederholte sie und änderte sie auf verschiedene Arten ab, und fand sehr bald, dass hier nur die Berührung der ungleichartigen Leiter nothwendig sey, und dass das ganze Spiel von dieser Verschiedenheit abhänge. Diese spätere Entdeckung und Erklärung machte ich dem Präsidenten der Londner königl. Gesellschaft Hrn. *Banks*, und andern meinen Freunden gegen das Ende des vergangenen Herbstes bekannt. Alle sowohl einheimische als auswärtige, welchen ich im Laufe des

*) Siehe die dritte Note, Seite 132.

ganzen Jahres meine Versuche zeigte, fanden sie überzeugend und alle insgesammt traten meiner Meinung bey.

Ich zweifle aber dennoch nicht, schätzbarster Freund, welcher Meinung Sie auch sonst immer waren, dass Sie meine annehmen werden, sobald sie nur meine Gründe, noch mehr aber meine Versuche (welche ich sogleich ausführlicher beschreiben werde,) gehörig erwägt, und meine Versuche selbst wiederholt haben werden. Dies letzte, ich darf es sagen, [40] ist sehr nothwendig. Die Beschreibungen der Versuche anderer anzuhören, oder zu lesen, ist nicht genug, man muss sie nachmachen, und wieder nachmachen, und auf vielerley Art abändern, wie ich es gethan habe, um vollkommen überzeugt zu seyn.*)

[41] Unnütz wird es nicht, wenn ich Sie vors erste aufmerksam darauf mache, dass die gerühmten Zuckungen ohne Dazwischenkunft irgend eines Metalls in einem nur erst zubereiteten Frosche nicht immer und nur mit vieler Mühe erhalten werden, wie Sie ohne Zweifel schon selbst auch erfahren haben; da doch durch die Anwendung zweyer ziemlich verschiedener metallischer Leiter, und selbst mittelst eines einzigen Metalls, welches aber zwischen zwey nasse [42] nicht metallische Leiter gestellt seyn muss, (in der Folge werde ich zeigen,

---

*) So lange man nur die Abhandlungen jener liest, welche die thierische Elektrizität läugnen oder vertheidigen; zufälliger Weise sind die ihr günstigen Schriften zahlreicher, vorzüglich seit der Bekanntmachung der Versuche, in welchen die Zuckungen in den Fröschen erhalten werden, wenn der Fuss des Thierchens selbst ohne irgend ein Metall oder andern fremden Körper den Bogenleiter bildet. Ueberdiess geben diese Schriften sich ein triumphirendes Ansehen, da ist es denn leicht, gefangen und verblendet zu werden: je schöner, je scheinbarer, je reicher an Anwendungen die Hypothesen einer solchen den thierischen Organen eigenen Elektrizität erscheinen, je williger lässt sich der leichtgläubige Leser von denselben anziehen. Diesen Hang zu überwinden, den Irrthum der schon für sie Eingenommenen der Verführten zu zerstreuen, dazu gehört mehr als eine, auch sehr deutliche Beschreibung zahlreicher Versuche, welche das Gegentheil bewirken, wie es meine sind, welche gerade die für die thierische Elektrizität günstigen, derselben entgegengesetzt erklären. Diese Menschen müssen sehen, mit Händen greifen um überzeugt zu werden. Alles was ihnen nur gesagt, erzählet wird, schafft ihre Fantasie nach ihrem Gefallen um. Alle Versuche verlieren durch die blosse Erzählung sehr viel von dem Eindruck, den sie machen sollten, geschieht es aber, dass man sie mit den Augen siehet, so überzeugen sie auf der Stelle, wie es viele erfahren haben, welchen ich dieses Jahr hindurch diese Versuche zeigte.

dass diese zweyte von mir entdeckte Art, nicht weniger wirksam sey, als die erste) ungleich stärkere und länger anhaltende Zuckungen, und das selbst in noch ganzen, oder nur zur Hälfte zubereiteten, das heisst nur ausgeweideten Fröschen nie ausbleiben. Wenn es unumgänglich nothwendig ist, dass der Frosch nur erst, und auf die bestmögliche Art zubereitet sey, so dass die Schenkel nur durch die ischiatischen Nerven mit dem Rumpfe zusammenhängen, und dass sie noch voller Lebenskraft seyen; wenn trotz dieser vollkommenen Zubereitung und anderer günstiger Umstände, diese Zuckungen dennoch nur sehr selten auf oberwähnte Arten erscheinen, so müssen alle diese Arten, bey welchen man sich keiner metallischen Exzitatoren bedienet, sehr wenig wirksam seyn.

Wahr ist es, dass sie häufiger und von längerer Dauer erhalten werden, wenn man mit dem einen Fusse des Frosches den ischiatischen Nerven (durch welchen er mit dem Rumpfe zusammen hängt,) oder den fleischigten Theil [**43**] des Rumpfes selbst berühret; aber dies geschiehet auch nur selbst mit den lebhaftesten Fröschen, und nicht immer gleich nach ihrer Vorbereitung (welches doch immer der günstigste Augenblick ist), und wenn man auf die erforderlichen Bedingungen, unter welchen sie erfolgen, oder nicht erfolgen, siehet, so wird man die Bedingungen entdecken, unter welchen sie gelingen, und diese werden endlich die wahre Ursache dieser Erscheinungen und ihr allgemeines Prinzip enthüllen.

Diese Bedingungen sind erstens: dass der getödtete, abgezogene und zubereitete Frosch nicht so rein abgewischet sey, als ob er mit Wasser abgewaschen worden wäre; vielmehr soll er noch mit Blut beschmieret, oder mit andern Säften überzogen, mehr oder weniger klebrig seyn. Dieser Umstand, das heisst diese beschmutzten Glieder erleichtern den Uebergang in den Versuchen des Herrn Dr. *Valli*. In Ermangelung dessen, muss man (wie es der obengenannte Verfasser selbst anmerket) den Theil des Schenkels, der Nerven, und des Rumpfes, zwischen welchen die Berührung [**44**] statt haben soll, mit Speichel, Salzwasser,*) Urin, Schleim, oder verschie-

*) Auch in den mir entgegengesetzten Versuchen, in dem Werkchen: Von dem Gebrauche und der Wirkung des Leitebogens u. s. w., von welchen ich in der 4ten Note zu dem zweyten Briefe (s. S. 125) Rechenschaft gegeben habe, weiset der unbekannte Verfasser daraufhin, und sagt, es gelänge ungleich leichter die Zuckungen durch die Berührung der ischiatischen Nerven des Rumpfes

denen andern vegetabilischen Säften u. s. w. überstreichen, besser noch mit in ein wenig Wasser [45] anfgelösster Seife, am besten aber wenn man sie mit konzentrirten sauern oder alkalinischen Flüssigkeiten bestreichet — wie ich es selbst in meinen tansendfach abgeänderten Versuchen erfahren habe, nnd Sie ebenfalls leicht erfahren können.

Zweitens darf die Berührnng des entblössten ischiatischen Nerven oder der nackten Mnskeln des Rumpfes nicht mit jedem Theile des Fusses vorgenommen werden; sondern mnss nur mit der Senne, in welche sich der dicke Schenkel oder gastroknemische Muskel endigt, geschehen. Diese Senne oder Flechse geht bis über das Fuss-Gelenke hinans, verlängert sich bis anf die änsserste Zehe, nnd zeiget sich dem Auge gleich beym ersten Anblicke durch seine weisse Silberfarbe oder richtiger durch seinen Perlglanz.

[46] Es ist wirklich sehr sonderbar: wenn man die noch vom Blut triefenden Rücken-Muskeln mit den ebenfalls noch mit Blnt oder andern klebrigten oder salzigten Materien bedeckten Schenkelmnskeln berühret, so bleiben sie ruhig; anch bleiben sie es, wenn man sie mit der obern Hälfte des gastroknemischen Mnskels, jenes nämlich, welcher fleischig und röthlich ist, berühret. Im Gegentheil aber erfolgen die Znckungen alsogleich, wenn man sie mit der nntern Hälfte, jener, welche in eine flechsenartige Substanz übergehet, nnd anfängt jene angeführte weisse glänzende Farbe zu haben, berühret. Wenn man also Zuckungen entstehen sehen will, so müssen die Mnskeln des Rumpfes, oder die ischiatischen Nerven entweder mit dem äussersten Ende des gastroknemischen Mnskels, oder mit dem Fussgelenke oder mit der langen sichtbaren weissen Senne berühret werden. Und dennoch erhält man diese nicht immer, beynahe niemals, so lange die zweite Bedingung, das

---

mit den nackten Schenkeln hervorzubringen, wenn man diese Theile einige Zeit in einem Salzwasser weiche. An diese Erklärung, welche ich dort zn geben versncht habe, halte ich mich nun nicht mehr, nämlich Znflncht zn einem mechanischen Reitze, einem Drucke oder Stosse zn nehmen. — Eine Erklärung, welche mir schon dazumahl nicht ganz Genüge leistete, auch giebt sie keine Ursache an, wie nnd warum das Salzwasser nnd andere Feuchtigkeiten so viel zu dem Gelingen dieser Versnche beytragen; aber diese und andere gleichförmige würden alle auf eine Wirknng, anf die elektrische Flüssigkeit znrückgebracht, welche selbst die nicht metallischen Leiter (freilich unendlich schwächer) kraft der gegenseitigen Berührung hervorbringen.

ist, wenn das mit einer klebrigen oder saltzigen Materie Ueberzogen seyn fehlet. Zum Beweise mag dienen, dass wenn man einen zubereiteten Frosch [47] wohl mit reinem Wasser abwäscht, man keine Znckungen erhält, wenn der Rückenmuskel mit dem weissen sennigten Theile des Fusses berühret wird. Geschiehet es aber dennoch manchmal, dass Zuckungen an einem solchen abgewaschenen Frosche erfolgen, so kann man für gewiss annehmen, dass noch irgend etwas fremdartiges daran klebe. Wenn ich einen Frosch nnr einmal nnd das nicht rein genug gewaschen hatte, so geschah es, dass ich auf die oben gedachte Art Zuckungen erhielt, ich unterwarf ihn sodann einer zweiten genauern Waschung, in welcher vorzüglich der abgeschnittene Rücken recht abgerieben wurde, und die Zusammenziehungen erschienen nie mehr.

Wir wollen also beide Erfordernisse beachten, die Dazwischenkunft einer heterogenen Feuchtigkeit, und Heterogenität, wenn ich so sagen darf, der thierischen Theile, die sich einander nähern; sie dürfen sich aber nicht zu ähnlich seyn, wie Muskel nnd Muskel, vorzüglich in ihrem Bau nnd Festigkeit, sondern sie müssen noch immer merklich von einander nnterschieden seyn. Der Unterschied, welchen ich für den zuträglichsten [48] halte, ist gerade der zwischen der Senne nnd dem Muskel, oder zwischen der Senne und dem Nerven (jener zwischen dem Muskel und dem Nerven ist es nicht so sehr) eben so zu nnserm Vorhaben günstig, als dieser Unterschied zwischen den thierischen Leitern ist, so sehr ist es das dritte, welches zwischen diesen zweyen stehen muss (dadurch wird der Leitezirkel vollendet) welches eine klebrigte oder salzigte Fenchtigkeit oder besser noch aufgelöste Seife, oder am besten, wie ich schon gesagt habe, kaum flüssiges Alkali ist.

Diese erforderlichen Umstände oder Bedingungen, ohne welche man in den genau zubereiteten Fröschen keine Znckungen ohne Dazwischenkunft irgend eines Metalls oder Leiters der ersten Klasse erhält, beweisen schon hinlänglich, dass der Umlauf der elektrischen Flüssigkeit, welcher die Zuckungen verursacht, von keiner Entladung oder von einer durch die thierischen Organe mitgetheilten Bewegung herrühre; denn aus welcher Ursache erfolgte diese Entladung nnr dann, wann mit dem flechsigten Theilen des Fnsses die Muskeln des Rumpfes [49] oder die ischiatischen Nerven; niemals aber, wenn man sie mit den fleischigten und weichen Theilen der Schenkel oder

den Fussmuskeln berührte. Wenn in diesem Falle der Leitezirkel gleich vollkommen, und gleich tüchtig, ja besser noch, (weil er kürzer ist,) wäre, und diese Theile saftiger, weicher, folglich ableitender als die harte, und weniger feuchte Flechse sind. Und warum sollte es nicht dnrch die nnmittelbare Berührung der Rückenmuskeln, mit was immer für einem Theile des Schenkelmuskels ohne Dazwischenkunft eines dritten, leitenden, von den beiden thierischen Substanzen sowohl, als von dem Wasser verschiedenen Körpers, ohne Dazwischenkunft einer klebrigten oder salzigten Feuchtigkeit gelingen? Sollte es nicht um so besser vor sich gehen mit dem Fussmuskel, anstatt eines dritten Körpers, welcher, weit davon entfernt den schon ein wenig widerstrebenden Leiteweg zu erleichtern, (weil diese Snbstanzen oder selbst, diese thierischen Feuchtigkeiten nicht mehr in einem ganz vollkommenen Zustande sind) ihn vielmehr erschwert, weil ein unvollkommener Leiter dazwischen tritt? [**50**] wenn man die unvollkommenen Leiter vermehrte, und in den Leitebogen anstatt zwey, lieber drey Leiter anfnähme, würde dieses nicht die vorgebliche Ladung oder den Durchgang der elektrischen Flüssigkeit erleichtern? hätte denn nur auf diese Art die Ladnng die Kraft den Frosch zu bewegen, und nicht auch anf die andere, welche doch dazu geschickter seyn sollte? ich meine die unmittelbare Berührung mit dem Schenkel.

Wenn nun dies, wie Sie sehen, ein unerklärliches Paradox ist, sobald wir es gegen die Begriffe halten, welche wir von den elektrischen Ladnngen, und den Leitern als Leitern betrachtet haben, (als Körper, welche keiner andern als der elektrischen Flüssigkeit den Durchgang erlauben) wenn es mit diesen Begriffen auf keine Art znsammen zu reimen, ja selbst dnrch die erwähnten Erscheinungen denselben gerade entgegengesetzt ist; so muss man auf ein anderes Prinzip zurückgehen, nnd hat man die angebliche Ladung oder das Uebergewicht was immer für einer elektrischen Flüssigkeit in den Nerven oder Muskeln unseres zubereiteten Frosches [**51**] aufgegeben, so mnss man die Leiter aus einem andern Gesichtspunkte ansehen; man muss sie als erregend und bewegend betrachten, mit der wnnderbaren Kraft begabt, die elektrische Flüssigkeit (so wie sich zwei derselben von verschiedener Art gegenseitig berühren) aufzureitzen, zu bewegen und in Lanf zu bringen; wie es klar aus den kurz vorher erzählten Versuchen erhellet. Betrachten Sie dies von allen Seiten, und Sie werden finden,

dass sich nur auf diese Art die unzähligen Versuche erklären lassen, weil sie alle auf dieses Prinzip zurückgeführt werden können, wie ich es zeigen will.

Aber sind denn die nicht metallischen, die nassen, oder irgend eine Feuchtigkeit enthaltenden Leiter der zweiten Klasse nicht auch Aufreger (Eccitatori) wie es die Metalle, oder die Leiter der ersten Klasse, verglichen mit jenen der zweiten, sind? Ist ihnen nicht ebenfalls wie den Metallen diese Kraft verliehen? Ganz gewiss, aber nur in einem geringern Grade, so dass sie den metallischen Leitern in der Eigenschaft die elektrische Flüssigkeit zu [52] bewegen, eben so weit, als in jenen sie zu leiten nachstehen.

So dachte ich gleich anfänglich, und erklärte mich darüber in einigen im Sommer 1792 geschriebenen Briefen an meine Freunde, worunter sich der Hr. Abt *Tommaselli*, und der berühmte holländische Naturforscher Hr. Dr. *van Marum* befinden. In der Note unten, werde ich aus den einen und den andern einige Stellen anführen, damit Sie sich überzeugen können, ob ich nicht geneigt war, oder besser, ob ich nicht als gewiss annahm, dass selbst durch die Berührung mehrerer nasser Leiter von der zweiten Klasse, wenn sie von einander verschieden sind, der elektrischen Flüssigkeit ein Trieb oder Stoss beygebracht werden könne, auf eben die Art, wie es bey der Vereinigung der nassen Leiter mit den metallischen geschiehet.*) Ob ich [53] gleich diesen Gedanken nie ganz

*) In dem Briefe an den Abt *Tommaselli* bediente ich mich folgender Worte: »Die Metalle sind nicht allein nur vollkommene Leiter der Elektrizität, sondern sie sind auch Anfreger derselben; sie erleichtern dem Durchgange der aus dem Gleichgewicht gebrachten elektrischen Flüssigkeit, (welche sie von dem Orte, wo Ueberfluss herrscht, auf jenen führen, welcher daran Mangel hat,) den Weg; sondern sie bringen selbst ein solches Uebergwicht hervor, setzen dieselbe in Bewegnng nnd führen es dorthin, wo sie schon gehörig vertheilet ist; nnd diess bloss dnrch die Anwendung irgend eines andern Leiters, so wie wir es dnrch das Reiben der idioelektrischen Körper geschehen sehen. Und da ein Metall dem andern in der Kraft diese Flüssigkeit an sich zn ziehen oder von sich zu lassen, überlegen ist, so geschiehet es, dass, wenn die Belegungen von verschiedenen Metallen, wie schon gesagt worden ist, angebracht, nnd diese dann nnter einander verbnnden werden, sie diese Flüssigkeit in einen nnanfhörlichen Kreislauf setzen. Diese nene Kraft der Metalle hat noch Niemand anch nnr vermnthet, zn deren Entdecknng meine Versnche geführet haben. Schenken Sie dem was sogleich folgt Ihe Anfmerksamkeit.

Ich glaube dennoch nicht, dass diese Kraft nnr den Metallen allein,

aufgab, so erklärte ich mich doch manchmal ganz [54] verschieden darüber; dies zwar nicht aus dem Grunde, als ob ich geglaubt hätte, die Leiter der [55] zweyten Klasse, wenn gleich von verschiedener Art, wirkten ganz und gar nicht durch ihre gegenseitige Berührung auf die elektrische Flüssigkeit, und besässen gar nichts von der Kraft dieselbe aufzuregen, sondern ich hielte nur ihre Kraft für so klein, und so gering, und ihren Lauf für so langsam und schleichend, dass sie kaum im Stande sey, auch in den nur erst und aufs beste zubereiteten Fröschen Zuckungen hervorzubringen. Man darf also manche meiner Ausdrücke nicht in dem strengsten Sinn nehmen; wie z. B. in [56] dem zweyten Briefe des vergangenen Jahrs: »dass der Leitezirkel, welcher von einer oder mehrern Personen, von Leder, Tüchern, Pappdeckeln, von was immer für feuchten und nicht metallischen Körpern gebildet wird, nicht im Stande sey, das Amt eines Leiters zu vertreten, den Lauf der elektrischen Flüssigkeit die in die Nerven und die Muskeln des in dem Leitezirkel sich befindlichen Thieres dringt, dieselbe reizet und beweget, zu bestimmen. Dieses muss man nicht in dem streng wörtlichen Verstande nehmen, dass nämlich in der Berührung zweier auch der verschiedensten Leiter gar keine, wohl aber eine so geringe Wirkung liege, die beynahe für keine angesehen werden könne. Wenn ich ja eine Zeit so dachte, und gar keine Wirkung annahm, so entfernte

---

sondern allen andern Leitern eigen sey; und halte dafür. man müsse als ein allgemeines Gesetz festsetzen, dass die blosse Berührnng der Leiter von verschiedener Oberfläche, vorzüglich aber von verschiedener Art hinreiche, das Gleichgewicht der elektrischen Flüssigkeit zn stören und sie zu bewegen, ohne dass dazu irgend eine Reibnng nothwendig sey; Diese Reibnng, sie möge nun in einem Schlage oder einem blossen Drncke bestehen, kann nur dadnrch wirksamer werden, dass sie die Berührnngspunkte dieser Leiter vermehre.

Das, was sich ans der letzten nur angezeigten Rücksicht folgen lässt, ist wahrscheinlich eben dasselbe Prinzip, eben dieselbe Kraft, welche sich nämlich durch die Berührung verschiedenartiger Körper entwickelt, die Ursache sowohl der bekannten gewöhnlichen Elektrizität, welche dnrch das Reiben idioelektrischer Körper, oder eines idio- und eines anelektrischen Körpers oder Leiters entstehet, als der nur erst entdeckten und wenig scheinbaren Elektrizität sey, welche dnrch die blosse Berührnng der Leiter in Bewegung gesetzt wird«, — dieses habe ich viel ausführlicher in einem langen Briefe an den Dr. *van Marum* erkläret, nnd werde ein andermal, so viel als es möglich ist, ins klare zu setzen suchen.

Digitized by Google

ich mich, wie man siehet, sehr weit von den Gedanken, welche ich schon so lange hegte, und zu welchen ich bald wieder sowohl durch die Versuche, welche Hr. Dr. *Valli* beschrieben hat, als durch meine eigenen zurückkehrte. Das Vergnügen war nicht klein, als ich meine frühern Vermuthungen bestättiget sah, durch welche das Prinzipium allgemeiner wird, dass nämlich durch die blosse Berührung [**57**] verschiedenartiger Leiter die elektrische Flüssigkeit aus ihrem Gleichgewicht gebracht, gerade wie dies durch das Reiben geschiehet, sich beweget, und (wenn nur sonst der Leitezirkel vollkommen ist,) zu einem immerwährenden Kreislauf bestimme. Etwas von dieser Aufregungskraft legte ich auch den nicht metallischen Leitern, wenn sie von verschiedener Art sind, bey. Ich sage etwas von dieser Kraft, denn ich habe immer geglanbt, und glaube noch, dass diese ungleich geringer sey, als jene, welche sich durch die Berührung eines nicht metallischen Leiters, der zweyten Klasse mit zwey verschiedenen metallischen Leitern entwickelt.

Anf keinen Fall kann ich nun mehr sagen, sie sey so schwach, dass ihre Wirknng immer unmerklich bleibe, itzt da wir durch neuere Versuche belehret werden, dass in einigen Fällen, unter oben angeführten Umständen, durch eine äusserst geringe Kraft, die beinahe für keine gelten kann, solch ein elektrischer Lauf erreget werde; welcher hinreichet einen nur erst und auf's beste znbereiteten Frosch in [**58**] Zuckungen zu versetzen; um diese Wirkung hervorzubringen bedarf es sehr wenig, wie das durch die gewöhnlichen elektrischen Entladungen vorzüglich mit den Leidner Flaschen zn beweisen ist, die schwächsten welche keinen Funken geben und nur den empfindlichsten, von Ihnen verbesserten *Bennet*'schen Elektrizitätsmesser mit Goldblättchen, ein wenig bewegen, reichen hinlänglich aus.

Um einen nicht ganz zubereiteten, einen nur abgezogenen nnd ausgeweideten Frosch in Bewegung zu setzen, an welchem die ischiatischen Nerven noch hängen ohne dennoch die hinteren Theile, auf welchen sie ruhen, hinwegzuschneiden, wird etwas mehr erfordert. Wir wollen vier, fünfmal so viel annehmen; dazu bedarf es aber so wenig, dass die Ladnng einer Leidner Flasche, welche den empfindlichsten Elektrizitätsmesser nicht beweget, oder nur kaum beweget, hinreicht, Konvulsionen in einem halb zubereiteten Frosche hervorzubringen; dazn reichet gleichfalls der, durch die blosse [**59**] Berührung dreier ver-

schiedenartiger Leiter erregte Lauf der elektrischen Flüssigkeit hin, wenn sich nämlich entweder ein nasser Leiter der zweiten Klasse zwischen zwei unter sich verschiedenen der ersten Klasse, oder umgekehrt, einer der ersten Klasse zwischen zwey sehr verschiedenen Leitern der zweiten sich befindet.

Ich sage sehr verschieden, weil manchmal in einigen selbst durch eine geringe Verschiedenheit sowohl zweier Leiter der ersten Klasse, als auch der zweiten Klasse, wenn sich zwischen ihnen ein Leiter einer andern Klasse befindet, hinreichet, zum Zweck zu gelangen. Wenn nun dieser so schwache Lauf des elektrischen Fluidums (wenn er nämlich zusammengedrängt nur durch die Schenkelnerven zu gehen gezwungen wird,) mittelst dergleichen Verbindungen im Stande ist, in den Schenkeln eines auf das vollkommenste zubereiteten Frosches Zuckungen hervorzubringen, so wird er es in einem nur halb zubereiteten Frosche kaum können, weil in diesen nur ein geringer Theil dieser Flüssigkeit durch die Nerven geht, da die anstehenden Theile, mit jenen gleich fencht und [60] gleich ableitend, wo nicht selbst feuchter nnd ableitender sind, ihr also einen leichtern Durchgang gewähren. Will man in solchen Fällen eine Wirkung sehen, so darf der elektrische Lauf nicht zu schwach und gering, wohl aber um etwas stärker und häufiger seyn, (obgleich noch immer nicht so stark, dass ihn gewöhnliche selbst sehr empfindliche Elektrizitätsmesser anzeigten). Dieser wird nur dann hervorgebracht, wenn sich zwischen zwei verschiedenen Leitern der ersten Klasse, einer der zweiten, oder nmgekehrt, wenn zwischen zweyen der zweyten Klasse, ein Leiter der ersten sich befindet.

Durch die Vereinigung aber dreyer nasser Leiter, oder der zweyten Klasse, so dass aus dem Leitezirkel jedes Metall, Stuffe, Kohle, kurz alle Leiter der ersten Klasse ausgeschlossen bleiben, die Leiter selbst mogten auf was immer für eine Art mit einander verbnnden, oder angewendet worden seyn, habe ich niemals in einem halb zubereiteten Frosche auch nur die geringste Zucknng oder Bewegnng erhalten können. Eben so wenig erhält [61] man sie in einem nen ausgeweideten Frosche, auf welchen nur eine acht oder zehnmal grössere Kraft, wie ich es durch eigene Versuche mit den Entladungen gewöhnlicher elektrischer Konduktore, den Leidner Flaschen u. s. w. erfahren habe wirket. Noch weniger erhält man sie an einzelnen von denselben oder andern Thieren getrennten Gliedern

oder Mnskeln, es wäre denn, dass ein solches Glied oder Mnskel eines Thieres so zubereitet sey, dass der zur Bewegnng dienende Nerve von allen Seiten entblösst sey, nnd ganz frey herabhienge. Im Gegentheil erhalte ich sie sehr leicht an Gliedern und Muskeln, denen kanm ihre äussern Bekleidungen abgenommen worden sind, ohne die Nerven anf irgend eine Art zu entblössen, und endlich selbst anch in nicht zubereiteten, nnangetasteten Fröschen, Aalen n. s. w. Ich erhalte, sage ich, starke Mnskelznsammenziehnngen, und heftige Gliederbewegungen, so oft ich mich zweyer verschiedener Metalle z. B. des Silbers nnd Bleyes, oder besser des Silbers und der [62] Zinnblättchen, oder noch besser des Silbers nnd des Zinkes bediene, so dass ich entweder geradezn eines dieser Metalle auf diese Seite, nnd das andere auf die entgegengesetzte Seite anlege, oder anch dass ich zwischen diesclbe noch andere nasse Leiter der zweiten Klasse bringe. Aber auch mittelst eines einzigen Metalls, eines einzigen Leiters der ersten Klasse, erhalte ich die nämlichen Bewegungen, vorzüglich mit dem Zinke, wenn ich ihn zwischen zwey nasse sehr verschiedene Leiter der zweiten Klasse bringe, z. B. von der einen Seite zwischen Wasser, oder einen Körper, welcher eine wässrige Fenchtigkeit eingesangt hat, nnd von der andern Seite zwischen eine starke alkalinische Fenchtigkeit. Von dieser letzten Art nur eines einzigen Leiters der ersten Klasse sich zu bedienen, behalte ich mir es (wie ich schon oben gesagt habe,) vor, bey einer andern Gelegenheit weitläufiger zu reden.

Unser Prinzipinm, dass ans jeder Berührung ungleichartiger Leiter eine Wirkung entstehe, welche die elektrische Flüssigkeit in eine stärkere oder schwächere Bewegung versetzt, [63] wird also ansgedehnter, allgemeiner; so dass, wenn nnr der Leitezirkel ans drey was immer für Leitern, wenn sie nur sonst verschieden sind, zusammengesetzt ist, immer entweder ein mittelmässiger, schwacher, oder der schwächste Lauf dieser Flüssigkeit erfolget. Will man bey diesem Princip, bey diesem allgemeinen von mir entdeckten Gesetze, zu dessen Bestättigung alles beyträgt, wird man, anstatt dass man sonst eingeschränkt sagte, dass das elektrische Fluidum so oft in Bewegung gesetzt werde, als zwey von einander verschiedene metallische Leiter sich entweder nnmittelbar, oder mittelbar dnrch die Dazwischenkunft nasser Leiter der zweiten Klasse berühren, itzt allgemeiner sagen können: diess geschehe eben so oft, als ein oder mehrere Leiter der zweiten Klasse zwischen zwei sowohl

von ihnen selbst als von dem Körper, welchen sie berühren, verschiedene Leiter gesetzt werden: wir lassen hier das Wort die metallischen hinweg, weil es eine nicht allerdings richtige Einschränkung festsetzt; oder wir verwechseln die Worte verschiedene metallische Leiter mit denen verschiedene vorzüglich metallische [**64**] Leiter, oder der ersten Klasse. Dnrch dieses vorzüglich behalten die Leiter der ersten Klasse jenen Vorzug, welchen ich ihnen in meinen ersten Abhandlungen eingeräumt habe, dass sie die elektrische Flüssigkeit nicht nnr in Bewegnng setzen, sondern anch anfregen; eben diese Kraft besitzen auch die Leiter der zweyten Klasse, nnr in einem sehr geringen Grade. Dies war von jeher meine Meinnng, welche nun endlich dnrch die oben angeführten Versnche erwiesen ist, worüber ich mich in einem kommenden Briefe weiter anslassen werde.[26])

Ich bin u. s. w.

N. S.[27]) Ich bin fortgefahren mich mit den elastischen Dämpfen zu beschäftigen, nnd habe einige schöne Entdecknngen gemacht, welche mit der Theorie des Hrn. *de Luc*'s viel übereinstimmendes haben, z. B. dass die Quantität elastischer Dämpfe in einem Raum er mag lnftleer, oder mit Lnft von was immer für einer Düchtigkeit gefüllt sein, gleich sey. Diese Quantität hängt von dem Grade der [**65**] Wärme ab; daher zerfällt die Theorie der Auflösung der Dämpfe in der Lnft gänzlich; dass die Kraft des Dampfes, oder der Druck, den er ausübt in einer geometrischen Proportion wachse, während die Wärme nur in einer einfachen arithmethischen Progression wächst. Dass diese geometrische Progression darinn bestehe, dass wenn die Wärme von 16 zu 16 Graden steigt, der Druck des Dampfes nnr 1, 2, 4 n. s. w. wachse; so dass, wenn dieser gleich ist 13 Zoll Barometer h. bey einer Wärme von 64 Reaumürischen Graden, so wird er bey 80 Graden Wärme gleich seyn 28 Zoll; das heisst, wenn dieser um 15 Zolle steigt, dann auf 30 und endlich auf 58 bey einer Temperatur von 96 Graden u. s. w. steige: dass dicselbe Progression in doppelten Verhältnisse von 16 zu 16 Graden statt habe, welche sowohl vom Wasser, als jeden andern elastischen Dampfe, doch von Weingeiste, Aether u. s. w. gelte, der einzige Unterschied bestehe nur in dem Grade der Wärme, welche erfordert wird, um eine dampfförmige Flüssigkeit von dieser Dichtigkeit und von dieser

Elastizität hervorzubringen, welche mit dem [66] gegebenen Drucke im Gleichgewicht stehet, z. B. ein Druck gleich von 28 Zoll Quecksilberhöhe, (auf welchen Punkte, wie es bekannt ist, das Wasser in offnen Gefässen siedet). Wenn also die zu einer gegebenen Elastizität der dampfförmigen Flüssigkeit erforderte Temperatur 80 Grade für jene des Wassers, 64 Grade für jene des Alkohols und 31 Grade für jene des schwefelsauren Aethers sey, so wird in allen die Elastizität oder der Druck sich auf 15 Zoll vermindern, und hernach auf 13 Zoll herabfallen; wobey die respektive Temperatur um 16 Grade vermindert wird, das heisst bey den wässrigen Dämpfen auf 64 Grade, bey dem Alkohol auf 48, bey dem Aether auf 15; und auf eine ähnliche Weise wird der Druck in allen um 30 Zolle zunehmen, wenn er bis auf 58 gestiegen ist; anstatt dass die verhältnissmässige Temperatur von 16 Graden bey den wässrigen Dämpfen auf 96, bey den Dämpfen des Alkohols auf 86, und bey jenen des Aethers um 47 erhöhet wird.

[71] Zu solchen Versuchen mit dampfförmigen Flüssigkeiten habe ich verschiedene Apparate erfunden und verfertiget, welche beschrieben zu werden verdienen, auch werde ich einige Abhandlungen über diesen schönen und wichtigen Gegenstand bekannt machen, welche ich schon angefangen habe, deren Beendigung ich aber nicht bestimmen kann.

Anmerkungen.

Alessandro Volta war am 18ten Februar 1745 in Como geboren. Sein Vater *Filippo* war mit *Magdalena de Conti Inzaghi* vermählt. Seine Schriften sind sämmtlich in Form von Briefen an Freunde und auswärtige Gelehrte abgefasst. Schon 1769 und 1771 schrieb er zwei elektrische Arbeiten, die an *Beccaria* und an *Spallanzani* gerichtet waren. Im Jahre 1774 wurde er als Lehrer der Physik in Como am städtischen Gymnasium angestellt. Er bereiste die Schweiz 1777, befreundete sich mit *Horace Bénédicte de Saussure* in Genf, lernte in Ferney *Voltaire* kennen, der einen mächtigen Eindruck auf ihn ausübte. Diese Reise ist beschrieben in: »Relazione del Professore *Volta* di uno suo viaggio letterario nella Svizzera«, Milano, 1827. Im Jahre 1779 wurde er als Professor der Physik an die Universität Pavia berufen und jetzt beginnt seine fleissigste Zeit in elektrischen Forschungen. Er besuchte das Ausland 1782 mit seinem Freunde *Scarpa* zusammen, verweilte längere Zeit in Göttingen bei *Lichtenberg*, arbeitete in Paris mit *Lavoisier* und *Laplace*, in Holland mit *van Marum*, in England mit *Priestley* und anderen. Von 1791 an beschränkte er sich ganz und gar auf Versuche, die sich an *Galvani*'s grosse Entdeckung anschlossen, und brachte es im Lauf von acht Jahren bis zur bahnbrechenden Entdeckung der Säule. Seine zahlreichen Versuche über thierische Contact-Elektricität bilden den Inhalt der im Laufe dieser Jahre an *Baronio*, *Cavallo*, *Aldini*, *Vassalli*, *Gren* und *Banks* gerichteten Briefe. Diese Art der Veröffentlichung neuer Entdeckungen birgt den Uebelstand, dass zahlreiche Wiederholungen unvermeidlich werden, denn der Autor kann sich nicht auf vorhergegangene Briefe so beziehen, wie das bei fortlaufender Publication in einer Zeitschrift möglich wäre. Indessen gewinnt die Darstellung an Frische und Freudigkeit, wie an Lebendigkeit im Bericht über den allmählichen Fortgang der

Entdeckungen. Im Jahre 1801 gelangte eine Einladung von *Napoleon* an ihn, nach Paris zu kommen und seine Versuche über die Säule dort vorzuführen. Nach Anstellung der Versuche schlug *Napoleon* vor, *Volta* eine goldene Medaille zu überreichen, ein Verfahren, das ganz ungewöhnlich am Institut war, aber mit Acclamation angenommen wurde. Im Jahre 1802 wurde er Associé de l'Institut, Officier der Ehrenlegion und erhielt den Orden der eisernen Krone. Im Jahre 1810 ernannte *Napoleon Volta* zum Grafen und Senator von Italien. *Volta*'s Verdienste waren übrigens in England schon viel früher gewürdigt worden, da er schon 1792 Mitglied der Royal Society wurde. Im Jahre 1804 wünschte er von der Professur in Pavia zurückzutreten, allein *Napoleon* antwortete auf sein Gesuch mit folgenden Worten: »Ich kann die Verabschiedung *Volta*'s nicht bewilligen. Sind seine Thätigkeiten als Professor zu ermüdend, so mögen sie eingeschränkt werden. Er mag wenn auch nur eine Vorlesung jährlich halten, aber die Universität Pavia wäre in ihrem Herzen getroffen, wenn ich es gestattete, dass ein so berühmter Name aus der Liste ihrer Mitglieder gestrichen würde; übrigens muss ein guter General auf dem Felde der Ehre sterben.« *Volta* heirathete 1794 *Teresina de Pelegrini*, von der er drei Söhne hatte, deren zwei, *Zannino* und *Luigi*, den Vater überlebten. Erst 1819 gab *Volta* seine Professur in Pavia auf und zog sich nach Como zurück, wo er 1823 von einem Schlaganfall betroffen wurde. Er starb am 5ten März 1827 im Alter von 82 Jahren. Ein Denkmal ward ihm in Como im Jahre 1878 errichtet. *Humphrey Davy* besuchte *Volta* 1814 und schrieb über ihn: »*Volta* war ein alter Mann von schwächlicher Gesundheit. Seine Unterhaltung war nicht glänzend, seine Gedanken gut, aber nicht originell. Er hatte ein schlichtes Auftreten. Er war kein Lebe- und Weltmann. Ueberhaupt sind die italienischen Gelehrten einfach in ihrem Benehmen, lassen es auch an Würde und Anmuth fehlen.« Ganz anders urtheilte *Arago*: »*Volta* war schlank, seine Züge waren edel und regelmässig, wie bei einer antiken Statue, die Stirne breit, tief vom Denken durchfurcht, er hatte einen Blick, der Seelenruhe mit Geistestiefe verband. Sein Benehmen verrieth Spuren seiner ländlichen Jugendgewohnheiten. Viele sahen ihn in Paris täglich zum Bäcker gehen, worauf er auf der Strasse die grossen Brodstücke verzehrte. Er war schnell im Denken, seine Ideen waren gross, richtig, sein Charakter aufrichtig und freundlich.

Ehrgeiz, Geldgier, Rivalität kennzeichneten niemals seine Handlungen, seine Liebe zur Arbeit wurde durch keine weltliche Beimengung getrübt.« Lebensbeschreibungen findet man in *Fischer*'s sowie in *Heller*'s Geschichte der Physik. Ferner *Zuccalo*: »Elogio storico di *A. Volta*«, *Bergamo*, 1827. — *Tipaldo*, »Biografie degli Italiani illustri«, IX. — *Bianchi*: »Vita del Conte *Volta*«, Como, 1829. — *Moschetti*, »Vita del Conte *Volta*«, Como 1833, u. A. An den Namen *Volta* knüpft unser ganzes Jahrhundert an, denn *Volta*'s Säule war die Grundlage für den raschen Sieg der Elektricität. Ausserdem verdanken wir *Volta* mehrere wichtige elektrische Apparate: Elektrophor, verbesserte Elektrometer, die noch heute übliche Methode der Messung der Potentiale mittelst der Flamme, ferner den Condensator, das Eudiometer und Zündapparate. Wir bringen in den Klassikern zunächst alle von 1792 an bis zur Erfindung der Säule verfassten Schriften. Sie haben sämmtlich ein grosses Interesse und geben ein deutliches Bild davon, wie langsam *Volta*'s Anschauungen ganz allgemeine Anerkennung fanden. Die Fehler, die in seinem Gedankengange zu finden sind, blieben den Forschern über 50 Jahre verborgen, denn erst die Sätze von der Energie brachten in den letzten Decennien unseres scheidenden Jahrhunderts eine richtige Anschauung. Das vorliegende erste Heft über thierische Elektricität bringt Briefe vom Jahre 1792 bis 1795. *Galvani*'s Anschauungen waren indess schon 1792 völlig überwunden und damit ein neuer Forschungshorizont eröffnet. Das nächste Heft bringt die Abhandlungen, die wir bereits mit Contact-Elektricität bezeichnen dürfen. Geduld und Ausdauer führten *Volta* endlich zur Construction der Säule.

Volta's sämmtliche Werke erschienen unter dem Titel: »Collezione dell' Opere del Cavaliere Conte *Alessandro Volta*, Patrizio Comasco,« Firenze, 1816 in 3 Bänden und 5 Theilen, herausgegeben von *V. Antinori*.

---

1) *Zu S. 3.* Dieser interessante Brief ist der erste über thierische Elektricität. *Galvani*'s Deutung der Versuche wird hier voll und ganz von *Volta* angenommen.

Der Brief erschien in *Brugnatelli*'s Giornale Fisico-medico, II, p. 122 italienisch und in deutscher Übersetzung von *H. Fechner* als Anhang zu der von *J. Mayer* herausgegebenen

Abhandlung *Galvani*'s schon 1793. Wir bringen den mehrfach veränderten Abdrnck, da die Übersetzung stellenweise gar zu frei war, auch Missverständnisse und Fehler beseitigt werden mussten.

2) *Zu S. 4.* Von Anfang an wird die Empfindlichkeit des Froschpräparates betont.

3) *Zu S. 5.* Die Beweisführung beruht auf dem Irrthum, den der Autor später selbst erkannt hat. An dieser Stelle ist noch keine Andeutung einer elektrischen Erregnng zwischen Metall und Flüssigkeit zu bemerken.

4) *Zu S. 7.* Dieser Versuch wird später angezweifelt.

5) *Zu S. 8.* Die Abhandlung führt den Titel: »Sull' Elettricità animale«. Sie erschien als Abdruck einer in der Aula der Universität Pavia gehaltenen Promotionsrede im »Giornale Fisico-medico Sign. *Brugnatelli*«, Bd. II, S. 146. Wir bringen die deutsche Übersetzung von *Ritschel* aus *Johann Mayer*: »Schriften über thierische Elektrizität von Dr. *Al. Volta*«, Prag, *J. G. Calve*, 1793. Die Anschauungen sind noch gänzlich die *Galvani*'s.

6) *Zu S. 23.* Die letzten vier Zeilen der Anmerkung stehen im Original, fehlen aber in der deutschen Übersetzung.

7) *Zu S. 30.* Hier wird zum ersten Male die Verschiedenheit der Metalle betont.

8) *Zu S. 35.* Diese Abhandlung, die denselben Titel führt, wie die vorhergehende (s. Anm. 5), erschien in demselben Bande des *Brugnatelli*'schen Jonrnals, S. 241.

9) *Zu S. 50.* Hier tritt znm ersten Male der Unterschied der Wirkung anf Nerven und Muskeln auf, ein Gegensatz, den *Volta* in der Folge immer schärfer betont und der ihn zuletzt auf die Contact-Elektrizität führt. Der folgende § 50 spricht die gewonnene Erkenntniss deutlich aus.

10) *Zu S. 54.* Dieses ist der klassische Versuch, der als Ausgangspunkt aller späteren Beobachtungen, Entdeckungen und Anschannngen anzusehen ist.

11) *Zu S. 57.* Wörtlich übersetzt klingt die Behauptung noch entschiedener: »Auch dies führt uns zu der Meinnng, dass die elektrische Flüssigkeit an erster Stelle (primariamente) auf die Nerven wirke, die sie durchläuft: durch diese Reizung der Nerven entsteht als zweiter Effect (effetto secondario) die Bewegung der von ihnen abhängigen Mnskeln«.

12) *Zu S. 62.* Diese bemerkenswerthen Mittheilungen treten hier zum ersten Male auf und der Autor versetzt sie

in eine Anmerkung, nicht weil sie ihm als unbedeutend erscheinen, sondern im Gegentheil, weil er sie einer gründlichen Untersuchung und besonderen Abhandlung vorbehält.

13) *Zu S. 73.* Die beiden Briefe an *Tiberius Cavallo* sind in französischer Sprache in den Londoner Phil. Trans. von 1793 erschienen und hier zum ersten Mal in deutscher Sprache, vom Herausgeber übersetzt, erschienen. Der englische Titel lautete: »On some discoveries made by *Galvani* of Bologna with experiments and observations on them«. Die in unserem Texte mitgetheilten Seitenzahlen beziehen sich auf das Original in den Phil. Transactions.

14) *Zu S. 74.* Diese vortreffliche Beschreibung des *Galvani*'schen Hauptversuches lässt deutlich durchschauen, dass *Volta* die richtige, von aller thierischen Elektizität unabhängige Erklärung bereits gefunden hatte, wie in dem folgenden Paragraph bestätigt wird.

15) *Zu S. 79.* Der ganze mit Begeisterung und Frische gegebene Bericht über *Galvani*'s Versuche steht in gewissem Gegensatz zu dem im ersten Briefe an *Baronio* gegebenen. Denn hier spielt nicht nur die Erklärung durch den »Rückschlag« mit, sondern es beginnt schon der Zweifel an der Entladung der thierischen Elektrizität sich geltend zu machen. Vom folgenden Paragraph an tritt denn auch der Gegensatz gegen *Galvani* hervor, in Paragraph 13 die Reizung der Nerven, in 14 und 15 die Anwendung zweier Metalle.

16) *Zu S. 80.* Dieses ist die erste öffentliche Mittheilung über eine elektrische Erregung durch Metalle. Sehr interessant ist nun der folgende Paragraph für die Entwicklung der ganzen Frage.

17 *Zu S. 97.* Diese Abhandlung wurde veröffentlicht in *Brugnatelli*'s Giornale Fisico-medico, Vol. I, 1793, p. 63. — Zwei ganz kurze vorläufige Mittheilungen wurden vorher von *Volta* veröffentlicht, und zwar die eine, 4 Seiten lang, im *Brugnatelli*, im Nov. 1792, die andere in den Leipziger »Commentarii de rebus in Scientia naturali, et in Medicina gestis« Vol. 34, 2, p. 685, gleichfalls 4 Seiten lang. Der vorliegende Brief an *Aldini* ist bisher noch nicht in deutscher Sprache erschienen. Die vorliegende Übersetzung aus dem Italienischen hat der Herausgeber besorgt. Die Seitenzahlen beziehen sich auf *Antinori*'s Collezione dell' Opere di *Volta*, T. II, P. I, p. 177—194. — Der Titel: »Thierische Elektrizität« passt gar nicht mehr auf den Inhalt der Abhandlung.

Digitized by Google

18) *Zu S. 100.* Die directe Behauptung, die Metalle seien Motoren der Elektrizität, tritt hier zuerst deutlich auf, obwohl die vorhergehende Abhandlung schon denselben Standpunkt einnimmt.

19) *Zu S. 104.* Die schöne Entdeckung, dass die Kohle sich metallisch verhalte und unter die Elektromotoren zu rechnen sei, tritt an dieser Stelle zum ersten Male auf. Man erkennt also, wie weit *Volta* schon Ende 1792 in seinen Entdeckungen vorgedrungen war.

20) *Zu S. 106.* Aus *Brugnatelli*'s Giorn. Fis.-med., Bd. II, S. 248, 1794; Bd. III, S. 97, 1794 und Ann. di Chimica 11°, S. 84, 1795.

21) *Zu S. 107.* Dieses ist die erste Spannungs- oder Potentialreihe.

22) *Zu S. 108.* Vergleicht man diesen kernigen Abschnitt mit dem ersten Satze desselben Briefes (S. 106), so scheint *Volta* die Frage unbestimmt lassen zu wollen, ob die Erregung zwischen den Metallen, oder zwischen Metallen und Flüssigkeit statt habe. Seite 106 wird geradezu der Contact der Metalle mit der Flüssigkeit als Quelle der Elektrizität angesehen.

23) *Zu S. 109.* Hier wieder Contact mit der Flüssigkeit als Quelle angesehen.

24) *Zu S. 111.* Diese schönen Versuche zeigen, mit welcher Gründlichkeit *Volta* seine Anschauungen prüft.

25) *Zu S. 111.* Sollten hier nicht die ersten Versuche über Passivität des Eisens vorliegen?

26) *Zu S. 154.* In der ganzen Abhandlung spielt der gegenseitige Contact der Metalle keine Rolle. Im Gegentheil: *Volta* scheint die Berührung der Leiter verschiedener Klassen als erregende Quelle anzusehen. Erst später kommt der Metallcontact wieder zur Geltung und erhält sich in verhängnissvoller Weise bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts. Nur an einer Stelle (Seite 153, Zeile 4 von unten) heisst es: »dass sich verschiedene metallische Leiter entweder unmittelbar oder mittelbar berühren. Doch wird dieser Satz sogleich dahin abgeändert (Z. 2 v. u.): »so oft Leiter zweiter Klasse zwischen zwei von ihnen selbst, als auch von dem Körper, welchen sie berühren, verschiedene vorzüglich metallische Leiter gesetzt werden«. In späteren Briefen kommt *Volta* auf diese Frage zurück.

27) *Zu S. 154.* Diese N. S. lassen wir folgen, obwohl sie nicht zum Inhalt unseres Heftes passt, sie zeigt indess in Kürze, womit *Volta* in jenen Jahren sich beschäftiget.

Inhalt.

Seite

Schreiben *Volta*'s an *D. Baronio* vom 3. April 1792 über *Galvani*'s Entdeckungen 3

Erste Abhandlung über thierische Elektrizität vom 5. Mai 1792, Promotionsrede in Pavia:

I. Von der Entdeckung des Herrn *Galvani* und ihrer Vergleichung mit den Begriffen, welche man bis itzt von der thierischen Elektrizität gehabt hat 8

II. Neu unternommene Versuche über die thierische Elektrizität 22

Zweite Abhandlung über thierische Elektrizität 35

Zwei Briefe an Herrn *Tiberius Cavallo*, vom Sept. und Oct. 1792: Bericht über einige Entdeckungen *Galvani*'s nebst Versuchen und Bemerkungen über diese 73

Dritte Abhandlung über thierische Elektrizität, Brief an *G. Aldini* 97

Neue Abhandlung über thierische Elektrizität in Briefen an *Vassalli*.

I. Erster Brief 106

II. Zweiter Brief 113

III. Dritter Brief. 129

Anmerkungen. 156

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Q
111
085
no. 114
1900
LANE
HIST